FRENCH
READINGS IN SCIENCE

SELECTIONS

FROM SCIENTIFIC AND TECHNICAL WRITERS
ARRANGED AND EDITED FOR THE
USE OF STUDENTS

BY

DE V. PAYEN-PAYNE
PRINCIPAL OF KENSINGTON COACHING COLLEGE
ASSISTANT EXAMINER AT THE UNIVERSITY OF LONDON
AUTHOR OF 'FRENCH IDIOMS AND PROVERBS'

LONDON
BLACKIE & SON, LIMITED, 50 OLD BAILEY
GLASGOW DUBLIN AND BOMBAY
1906

WORKS BY THE SAME AUTHOR.

FRENCH IDIOMS AND PROVERBS. Fourth Edition. Nutt. 3s. 6d.

ÉMILE SOUVESTRE—LE PHILOSOPHE SOUS LES TOITS. (Extracts.) Blackie. 4d.

THÉOPHILE GAUTIER—VOYAGE EN ITALIE. Cambridge University Press. 3s.

JULES SANDEAU—LA ROCHE AUX MOUETTES. (Extracts.) Nutt. 6d.

PIERRE CŒUR—L'ÂME DE BEETHOVEN. Macmillan. 2s.

PREFACE

IN 1904 the University of London made it essential that every candidate for a degree in Science should be able to translate a portion of a French and of a German scientific work. This wise regulation was evidently passed to prevent our scientists from becoming too insular in their reading. This small book has been compiled to assist students in their reading, and to spare them the expense of purchasing expensive books.

The selection of passages has been made chiefly from Chemical, Physical, Astronomical, Physiological, and Botanical treatises. Some passages have been included, not for their modernity, but because they are connected with the great names of science. I have selected, too, some pieces of more popular interest, both for their vocabulary, and to relieve the severity.

As most of the readers of this book are not beginners in French, I have not compiled a vocabulary, but most of the unusual and technical words will be found translated in the notes, where also will be found brief biographical details of the authors of the extracts and of the celebrities mentioned therein. The date of the author should be remembered when translating.

In the compilation of the notes I have been greatly aided by my colleague, Dr. W. S. Burton, and I have to thank my old friends Monsieur M. Deshumbert and

Mr. C. J. Norris, A.R.C.S., for aid in the selection of passages and for special information on many points. For the note on Wheatstone, I am indebted to the Librarian of King's College, London, Mr. F. W. Walton, M.A.

DE V. P.-P.

October 1906.

TABLE DES MATIÈRES

SCIENTIFIC FRENCH READER

LES ATOMES

Nous considérons de plus près l'hypothèse de la discontinuité de la matière, qui serait formée de molécules et d'atomes en mouvement, dans un milieu qui remplit tout l'univers et qui pénètre tous les corps, l'éther.

Les atomes ne sont pas des points matériels: ils ont une étendue sensible et sans doute une forme déterminée; ils diffèrent par leurs poids relatifs et par les mouvements dont ils sont animés. Ils sont indestructibles, indivisibles par les forces physiques et chimiques auxquelles ils servent, en quelque sorte, de points d'application. La diversité de la matière résulte de différences primordiales, éternelles dans l'essence même de ces atomes et dans les qualités qui en sont la manifestation.

Les atomes s'attirent les uns les autres et cette attraction atomique est l'affinité. C'est sans doute une forme de l'attraction universelle, mais elle en diffère par la raison que, si elle obéit à l'influence de la masse, elle dépend aussi de la quantité des atomes. L'affinité est élective, comme on dit depuis cent ans. Elle engendre des agrégations d'atomes, des molécules, des combinaisons chimiques. Dans celles-ci les atomes ne sont plus libres de leurs mouvements, ils les exécutent d'une façon coordonnée en quelque sorte, et constituent un système où tout est solidaire et où ils sont assujettis. C'est la molécule. Celle-ci a une masse déterminée, un centre de gravité et des mouvements propres. L'énergie de ces mouvements moléculaires détermine une condition physique très importante: la température . . .

L'éther n'est point le vide: c'est un milieu formé par une matière très raréfiée, élastique, agitée par des vibrations perpétuelles qui se transmettent de la matière atomique à l'éther

et de l'éther à la matière atomique. Est-ce un milieu homogène, continu ? est-il formé lui-même par des atomes de second ordre, sortes de monades, qui formeraient, par leur agrégation, la matière pondérable elle-même ? . . .

Ce milieu est donc l'intermédiaire entre toutes les parties de l'univers. Messager rayonnant, il reçoit et nous transmet, sous forme de lumière et de chaleur, les radiations, c'est-à-dire les vibrations que lui impriment le soleil et les étoiles les plus lointaines, et renvoie dans l'espace celles qui proviennent de notre monde solaire.

WURTZ, *La théorie atomique.*

L'EAU OXIGÉNÉE

Le sujet que je traite est tout neuf ; car, par eau oxigénée, je n'entends point désigner la dissolution du gaz oxigène dans l'eau ; je désigne, provisoirement, par cette expression, une tout autre combinaison, dont jusqu'à présent on n'a point observé d'analogue, en la considérant du moins sous le rapport des propriétés qui la caractérisent. . . .

C'est en dissolvant le deutoxide de Barium dans l'acide [illegible] versant dans la dissolution une certaine [illegible] le sulfurique, répétant ensuite nombre de fois ces deux opérations sur la même liqueur, puis y ajoutant du sulfate d'argent enfin de la barite, et séparant successivement tous les précipités par le filtre, que l'on parvient à charger l'eau de beaucoup d'oxigène. . . .

Lorsqu'on soumet l'eau oxigénée à l'action de la chaleur, elle se décompose et se transforme en eau et en gaz oxigène pur : de là le moyen d'en faire l'analyse. Il ne faudrait pas la tenter sur de l'eau saturée d'oxigène. Le dégagement du gaz serait si brusque et si considérable, pour peu qu'on employât de liquide, que l'expérience ne serait pas sans danger. Tous les obstacles disparaissent au contraire, en étendant l'eau oxigénée d'une certaine quantité d'eau distillée. Voici comment l'opération fut faite. . . .

Le péroxide d'hydrogène est liquide et incolore comme l'eau. Il est sans odeur ou en a une si faible, qu'elle est insensible pour presque tout le monde. Mis en contact avec les papiers de tournesol ou de curcuma, il en détruit peu à peu la couleur et les rend blancs. Il attaque l'épiderme très

promptement, quelquefois même tout à coup, le blanchit et cause des picotements dont la durée varie en raison des individus et de l'épaisseur de la couche de liqueur. . . .

Parmi les différents corps, les uns sont sans action sur le péroxide d'hydrogène ; d'autres le rendent plus stable ; d'autres le décomposent en s'appropriant une partie de son oxigène ; mais, ce qui est bien plus digne de remarque, c'est qu'il en est un assez grand nombre qui opèrent la décomposition du péroxide à la température ordinaire sans s'unir ni à l'eau, ni au gaz oxigène, qui en résultent ; quelquefois même cette décomposition se fait en donnant lieu à une sorte de détonation, tant le dégagement du gaz est subit. . . .

La chaleur décompose promptement le péroxide d'hydrogène ; la décomposition devient d'autant moins facile, qu'elle est plus avancée. L'eau, à mesure qu'elle se trouve mise en liberté, se compose sans doute avec la portion du péroxide non décomposé et le rend plus stable. . . .

Les métaux tendent en général à décomposer le péroxide d'hydrogène, et à le ramener à l'état de protoxide ou d'eau ; je n'en compte que quatre qui ne possèdent point d'une manière sensible cette propriété, le fer, l'étain, l'antimoine, et le tellure. . . .

Les oxides métalliques tendent en général à ramener le péroxide d'hydrogène à l'état de protoxide ou d'eau. . . .

THÉNARD, *Mémoires de l'Académie royale des Sciences de l'Institut de France*, 1818.

LES CORPS GRAS

Mes premières découvertes, en faisant connaître les acides margarique et oléique, qui à tous les caractères que l'on attribue aux corps gras joignent celui de l'acidité, ont contribué certainement à modifier les idées qu'on avait alors sur la composition des acides organiques, que l'on considérait généralement comme des composés où il y avait un excès d'oxigène sur la quantité de cet élément nécessaire pour former de l'eau avec l'hydrogène contenu dans ces mêmes acides. Elles ont contribué aussi à généraliser l'idée de l'acidité, en établissant un groupe d'acides organiques avec un excès de matière combustible, qui semble être aux autres acides organiques ce que sont, dans le règne inorganique, les

acides hydrosulfurique et hydrotellurique aux acides oxigénés. L'acidité, une fois démontrée dans les acides margarique et oléique, a fourni un caractère extrêmement précieux pour partager les corps gras en deux ordres : celui des corps gras acides, et celui des corps gras non acides ; et cette distinction a fait entrevoir dès lors la possibilité d'appliquer avec succès l'analyse chimique à des substances [illegible] avaient été considérées comme immédiatement [illegible], [illegible] de moyens suffisants pour séparer les principes immédiats qui les constituent.

Dès que j'ai étudié les acides margarique et oléique, j'ai recherché si les graisses ne seraient pas formées de deux espèces de principes immédiats non acides et différant l'un de l'autre par la fusibilité. C'est ce qui m'a conduit à découvrir les stéarines et l'oléine. Arrêtons-nous à ces résultats : l'oléine est liquide à 0, la stéarine de mouton est solide à 44°, et la stéarine d'homme l'est encore à 49° ; ces trois substances peuvent s'unir ensemble en proportions indéfinies. D'après cela, on conçoit pourquoi les huiles, les beurres, les graisses, les suifs, dont elles constituent la totalité ou la presque totalité de la masse, peuvent différer en fusibilité, sans qu'on doive compter autant d'espèces différentes qu'il y a d'huiles, de beurres, de graisses, qui diffèrent les uns des autres par leur degré de fusibilité.

CHEVREUL, *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale.*

LA LOI DE MARIOTTE

La première question qu'on peut se faire là-dessus est de savoir si l'air se condense précisément selon la proportion des poids dont il est chargé, ou si cette condensation suit d'autres lois et d'autres proportions. Voici les raisonnements que j'ai faits pour savoir si la condensation de l'air se fait à proportion des poids dont il est pressé.

Étant supposé, comme l'expérience le fait voir, que l'air se condense davantage lorsqu'il est chargé d'un plus grand poids, il s'ensuit nécessairement que, si l'air qui est depuis la surface de la terre jusqu'à la plus grande hauteur où il se termine, devenait plus léger, sa partie la plus basse se dilaterait plus qu'elle n'est ; et que s'il devenait plus pesant,

cette même partie se condenserait davantage. Il faut donc conclure que la condensation qu'il a proche de la terre se fait suivant une certaine proportion du poids de l'air supérieur dont il est pressé, et qu'en cet état il fait équilibre par son ressort précisément à tout le poids de l'air qu'il soutient.

De là il s'ensuit que, si l'on enferme dans un baromètre du mercure avec de l'air et qu'on fasse l'expérience du vide, le mercure ne demeurera pas dans le tuyau à la hauteur qu'il était : car l'air qui y est enfermé avant l'expérience fait équilibre par son ressort au poids de toute l'atmosphère, c'est-à-dire de la colonne d'air de même largeur qui s'étend depuis la surface du mercure du vaisseau jusqu'au haut de l'atmosphère, et par conséquent le mercure qui est dans le tuyau ne trouvant rien qui lui fasse équilibre, il descendra. Mais il ne descendra pas entièrement ; car lorsqu'il descend, l'air enfermé dans le tuyau se dilate, et par conséquent son ressort n'est plus suffisant pour faire équilibre avec tout le poids de l'air supérieur. Il faut donc qu'une partie du mercure demeure dans le tuyau à une hauteur telle que l'air qui est enfermé étant dans une condensation qui lui donne une force de ressort capable de soutenir seulement une partie du poids de l'atmosphère, le mercure qui demeure dans le tuyau fasse équilibre avec le reste ; et alors il se fera équilibre entre le poids de toute cette colonne d'air, et le poids de mercure resté joint par la force du ressort de l'air enfermé. Or si l'air se doit condenser à proportion des poids dont il est chargé, il faut nécessairement qu'ayant fait une expérience en laquelle le mercure demeure dans le tuyau à une hauteur de quatorze pouces, l'air qui est enfermé dans le reste du tuyau soit alors dilaté deux fois plus qu'il n'était avant l'expérience ; pourvu que dans le même temps tous les baromètres sans air élèvent leur mercure à vingt-huit pouces précisément.

Pour savoir si cette conséquence était véritable, j'en fis l'expérience avec le sieur Hubin, qui est très expert à faire des baromètres et des thermomètres de plusieurs sortes. Nous nous servîmes d'un tuyau de quarante pouces que je fis emplir de mercure jusqu'à vingt-huit pouces et demi, afin qu'il eût douze pouces et demi d'air, et qu'étant plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau, il y eut trente-neuf pouces de reste, pour contenir quatorze de mercure et vingt-cinq pouces d'air dilaté au double. Je ne fus pas trompé dans mon attente : car le bout du vaisseau renversé étant plongé dans le mercure du vaisseau, celui du vaisseau descendit, et

après quelques balancements il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur, et par conséquent l'air enfermé qui occupait alors vingt-cinq pouces était dilaté au double de celui qu'on y avait enfermé, qui n'occupait que douze pouces et demi.

Je lui fis faire encore une autre expérience, où on laissa vingt-quatre pouces d'air au-dessus du mercure, et il descendit jusqu'à sept pouces conformément à cette hypothèse ; car sept pouces de mercure faisant équilibre au quart du poids de toute l'atmosphère, les trois quarts qui restaient étaient soutenus par le ressort de l'air enfermé, dont l'étendue était alors de trente-deux pouces, elle avait même raison à la première étendue de vingt-quatre pouces, que le poids entier de l'air aux trois quarts du même poids.

Je fis faire encore quelques autres expériences semblables, laissant plus ou moins d'air dans le même tuyau, ou dans d'autres plus ou moins grands ; et je trouvai toujours qu'après l'expérience faite, la proportion de l'air dilaté, à l'étendue de celui qu'on avait laissé au haut du mercure avant l'expérience, était la même que celle de vingt-huit pouces de mercure, qui est le poids entier de l'atmosphère, à l'excès de vingt-huit pouces par dessus la hauteur où il demeurait après l'expérience : ce qui fait connaître suffisamment qu'*on peut prendre pour une règle certaine ou loi de la nature, que l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé.*

Que si l'on en veut faire des expériences plus sensibles, il faut avoir un tuyau recourbé, dont les deux branches soient parallèles, et dont l'une soit d'environ huit pieds de hauteur, et l'autre de douze pouces ; la grande doit être ouverte en haut, et l'autre scellée exactement.

On commencera par verser un peu de mercure pour remplir le fond où est la communication des deux branches, et on fera en sorte que le mercure ne soit pas plus haut dans l'une que dans l'autre, afin d'être assuré que l'air enfermé n'est pas plus condensé que l'air libre.

On versera ensuite peu à peu du mercure dans le tuyau, prenant garde que le choc ne fasse entrer de nouvel air avec celui qui est enfermé ; et on verra, comme je l'ai vu plusieurs fois, que, lorsque le mercure sera élevé à quatre pouces dans la petite branche, le mercure sera dans l'autre quatorze pouces plus haut, c'est-à-dire dix-huit pouces au-dessus du tuyau de communication ; ce qui doit arriver si l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé, puisque l'air enfermé est alors chargé du poids de l'atmosphère qui est égal au poids

de vingt-huit pouces de mercure, et encore de celui de quatorze pouces, dont la somme 42 pouces est à 28 pouces, premier poids qui tenait l'air à 12 pouces dans la petite branche, réciproquement comme cette étendue de 12 pouces est à l'étendue restante de 8 pouces.

Si l'on verse de nouveau mercure jusqu'à ce qu'il soit monté à 6 pouces dans la petite branche, et qu'il ne reste que 6 pouces d'air, le mercure sera dans l'autre branche plus haut de 28 pouces que le haut de ces 6 pouces ; ce qui doit arriver suivant la même hypothèse : car alors l'air enfermé sera chargé de 28 pouces de mercure, et de la pesanteur de l'atmosphère qui en vaut 28, dont la somme 56 est double de 28, comme la première étendue de 12 pouces d'air est double des 6 pouces qui restent ; et lorsqu'en continuant de verser du mercure dans la grande branche, il sera dans la petite à 8 pouces de hauteur, il y aura 57 pouces de hauteur au-dessus, dans la grande branche, ce qui fait encore la même proportion.

Mariotte, *Discours de la nature de l'air.*

LA FERMENTATION VINEUSE

Tout le monde sait comment se fait le vin, le cidre, l'hydromel et en général toutes les boissons fermentées spiritueuses. On exprime le jus des raisins et des pommes ; on étend d'eau ce dernier ; on met la liqueur dans de grandes cuves, et on la tient dans un lieu dont la température soit au moins de 10 degrés du thermomètre de Réaumur. Bientôt il s'y excite un mouvement rapide de fermentation, des bulles d'air nombreuses viennent crever à la surface, et quand la fermentation est à son plus haut période, la quantité de ces bulles est si grande, la quantité de gaz qui se dégage est si considérable, qu'on croirait que la liqueur est sur un brasier ardent qui y excite une violente ébullition. Le gaz qui se dégage est de l'acide carbonique, et quand on le recueille avec soin, il est parfaitement pur et exempt du mélange de toute autre espèce d'air ou de gaz.

Le suc des raisins, de doux et de sucré qu'il était, se change, dans cette opération, en une liqueur vineuse qui, lorsque la fermentation est complète, ne contient plus de sucre, et dont on peut retirer par distillation une liqueur inflammable qui est connue dans le commerce et dans les

arts sous le nom d'esprit-de-vin. On sent que cette liqueur étant un résultat de la fermentation d'une matière sucrée quelconque *suffisamment étendue* d'eau, il aurait été contre les principes de notre nomenclature de la nommer plutôt esprit-de-vin qu'esprit de cidre, ou esprit de sucre fermenté. Nous avons donc été forcés d'adopter un nom plus général, et celui d'*alcool*, qui nous vient des Arabes, nous a paru propre à remplir notre objet.

Cette opération est une des plus frappantes et des plus extraordinaires de toutes celles que la chimie nous présente, et nous avons à examiner d'où vient le gaz acide carbonique qui se dégage, d'où vient l'esprit inflammable qui se forme, et comment un corps doux, un oxyde végétal peut se transformer ainsi en deux substances si différentes, dont l'une est combustible, l'autre éminemment incombustible. On voit que, pour arriver à la solution de ces deux questions, il fallait d'abord bien connaître l'analyse et la nature du corps susceptible de fermenter, et les produits de la fermentation: car rien ne se crée, ni dans les opérations de l'art ni dans celles de la nature, et l'on peut poser en principe que, dans toute opération, il y a une égale quantité de matière avant et après l'opération, que la qualité et la quantité des principes est la même, et qu'il n'y a que des changements, des modifications.

C'est sur ce principe qu'est fondé tout l'art de faire des expériences en chimie: on est obligé de supposer dans toutes une véritable égalité ou équation entre les principes du corps qu'on examine et ceux qu'on en retire par l'analyse. Ainsi puisque du moût de raisin donne du gaz acide carbonique et de l'alcool, je puis dire que le *moût de raisin = acide carbonique + alcool*. Il résulte de là qu'on peut parvenir de deux manières à éclaircir ce qui se passe dans la fermentation vineuse: la première en déterminant bien la nature et les principes du corps fermentescible; la seconde, en observant bien les produits qui en résultent par la fermentation, et il est évident que les connaissances que l'on peut acquérir sur l'un conduisent à des conséquences certaines sur la nature des autres, et réciproquement.

LAVOISIER, *Traité élémentaire de chimie.*

LE BLANCHIMENT

La chimie a fait dans ces derniers temps des progrès qui en rendent la connaissance très utile à la pratique de plusieurs arts; mais celui qui a pour objet le blanchiment des fils et toiles par l'acide muriatique oxigéné[1] demande particulièrement un artiste auquel elle ne soit pas inconnue.

L'acide muriatique oxigéné est l'agent qu'on substitue dans ce blanchiment à l'air atmosphérique, qui exige de longues expositions sur le pré: il faut donc connaître ses propriétés pour pouvoir en diriger la préparation et les effets.

L'acide muriatique (acide marin) se combine avec l'oxigène, et par là il prend les propriétés de l'acide muriatique oxigéné; mais pour que cette combinaison se fasse, l'oxigène doit avoir perdu l'état élastique: c'est ainsi qu'il se trouve dans l'oxide de manganèse (manganèse du commerce), et il y est en grande quantité. Lors donc qu'on mêle une partie d'oxide de manganèse avec quatre parties d'acide muriatique fumant ou six parties d'acide muriatique ordinaire, une portion de l'acide se combine avec l'oxide de manganèse, et tend à en dégager une partie de l'oxigène qui est superflue à cette combinaison, et qui se combinant immédiatement avec une autre portion de l'acide muriatique, forme ainsi l'acide muriatique oxigéné: on favorise et on complète l'opération par l'action de la chaleur. L'acide muriatique oxigéné prend en se formant l'état gazeux; mais dans cet état il peut être dissout par l'eau, et la liqueur qui en résulte est d'un jaune verdâtre et d'une odeur très pénétrante. Si la température approche du terme de la congélation de l'eau, le gaz acide muriatique oxigéné prend une forme concrète, et reste adhérent au tube qui le conduit dans l'eau où il se précipite, de sorte que la liqueur se trouve moins chargée qu'à une température un peu plus élevée.

Il est facile de se convaincre que l'oxide de manganèse contient beaucoup d'oxigène; car en le poussant à un grand feu, il en dégage une grande quantité; après cette opération, l'oxide ne peut produire que très peu d'acide muriatique oxigéné.

On peut aussi facilement acquérir la preuve de l'existence

[1] Ancien nom du chlore.

de l'oxigène dans l'acide muriatique oxigéné. On n'a qu'à exposer à la lumière du soleil un flacon rempli de cette liqueur, lequel se prolonge par le moyen d'un tube recourbé sous un récipient rempli d'eau : on voit bientôt s'en dégager des bulles qui passent dans le récipient, et qui y forment un fluide élastique qui a toutes les propriétés de l'air pur, ou gaz oxigène. Lorsque ces bulles ont cessé de se dégager, la liqueur a perdu ses couleurs, son odeur et toutes ses propriétés distinctives ; ce n'est plus qu'une eau imprégnée d'acide muriatique ordinaire. La composition et la décomposition prouvent donc également que l'acide muriatique oxigéné est une simple combinaison de l'acide muriatique et de l'oxigène ; mais la prompte décomposition par la lumière fait voir que l'oxigène abandonne très facilement l'acide muriatique, soit pour prendre l'état élastique, soit pour entrer dans d'autres combinaisons, et c'est de là que dépendent les propriétés caractéristiques de l'acide muriatique oxigéné.

Si l'on plonge dans l'acide muriatique oxigéné des couleurs végétales, elles disparaissent plus ou moins promptement, et lorsqu'il se trouve un mélange de différentes parties colorantes, les unes disparaissent plus ou moins facilement que les autres qui ont éprouvé cependant une altération plus ou moins avancée. Lorsque l'acide muriatique oxigéné a épuisé ainsi son action, il se trouve ramené à l'état d'acide muriatique ordinaire: les matières colorantes lui ont donc enlevé l'oxigène. Si on fait évaporer la liqueur pour examiner dans quel état ont été réduites les parties colorantes, on trouve qu'elle laisse un résidu noirâtre, et que ces parties ont subi les effets d'une légère combustion.

C'est aussi de cette manière que les couleurs sont détruites plus ou moins promptement par l'action de l'air, surtout lorsqu'elle est favorisée par la lumière solaire, comme on l'a vu déjà ; de sorte que l'acide muriatique oxigéné produit facilement et promptement les effets que l'air et la lumière peuvent produire dans un plus long espace de temps, parce que l'oxigène privé en partie de son élasticité et peu adhérent à l'acide, entre facilement en combinaison avec les substances qui ont de l'affinité avec lui.

Les filaments du lin et du chanvre sont enveloppés de parties colorantes, qui y sont retenues par une véritable combinaison et qui couvre leur blancheur ; mais lorsque ces parties colorantes se sont combinées avec l'oxigène, elles se trouvent réduites à un terme de décomposition où elles sont

devenues solubles par les alcalis, de sorte que la potasse à laquelle la lessive doit son action, les dissout et les sépare des filaments : en répétant plusieurs fois l'exposition sur le pré, ou l'immersion dans l'acide muriatique oxigéné et l'action des lessives, on sépare toutes les parties colorantes des filaments qui jouissent alors de leur blancheur. Le fil perd, par ces opérations, près du tiers de son poids.

Si l'on verse un acide sur la dissolution des parties colorantes qui a été faite par la potasse, et si l'on fait sécher le précipité qui s'est formé et qu'on a retenu sur un filtre, il est noirâtre et il a l'apparence d'un corps qui a éprouvé une légère combustion et qui s'est charbonné ; la lessive qui est saturée de parties colorantes, a perdu toute son action. Ce qu'on dit ici de la potasse, doit également s'appliquer à la soude.

Le fil qui a été blanchi par le procédé ordinaire ou par celui qu'on a décrit, a perdu une partie de sa force, de sorte qu'il ne soutiendrait plus le même poids qu'avant le blanchiment ; mais l'une et l'autre opération étant faite avec un soin égal, le fil qui a été blanchi par le moyen de l'acide muriatique oxigéné, conserve plus de force que celui qui l'a été par l'exposition sur le pré, et la raison en est que les lessives ont été moins nombreuses et les opérations beaucoup moins longues.

BERTHOLLET, *Éléments de l'art de la teinture.*

DE L'ARGENT

Comme l'argent a été pour ainsi dire le pivot de mes recherches, j'ai fait tous les efforts possibles pour me procurer ce métal à l'état de pureté et pour m'assurer de cette pureté à cet effet, j'ai successivement employé toutes les méthodes indiquées pour se procurer de l'argent pur. J'ai acquis la certitude que toutes celles qui sont susceptibles d'être exécutées en grand fournissent un métal impur, si l'on n'y apporte pas des modifications radicales. Tous les procédés qui reposent sur la réduction du chlorure d'argent fournissent de l'argent renfermant du cuivre et du fer, à moins qu'on ne redissolve à trois ou quatre reprises le métal dans l'acide azotique, et que chaque fois on ne verse la solution d'azotate, diluée de vingt à trente fois son poids d'eau, dans de l'acide chlorhydrique dissous, et qu'ensuite on n'agite vivement

le chlorure d'argent avec le liquide, comme s'il s'agissait d'éclaircir une liqueur d'essai. L'expérience m'a démontré qu'on peut obtenir du premier coup du chlorure d'argent privé de cuivre et de fer, en versant une solution froide d'argent au trentième dans de l'acide chlorhydrique en léger excès, lavant le précipité à l'eau distillée froide, et laissant digérer ensuite avec de l'eau régale le chlorure desséché à la température ordinaire et finement pulvérisé. Ce chlorure bien lavé ne retient absolument aucune trace de cuivre ni de fer. Tant que le chlorure d'argent est caillebotté, il retient emprisonné, comme l'albumine coagulée, une partie des substances qui sont en dissolution au sein du liquide d'où il est précipité. Ce chlorure desséché à froid et finement pulvérisé, cède au contraire, très facilement à l'eau régale les métaux étrangers qu'il contient. Quelle que soit la pureté du chlorure d'argent, lorsqu'on le réduit par le procédé de Gay-Lussac, c'est-à-dire par un mélange de craie et de charbon, il produit un métal qui contient toujours du silicium et du fer. On constate aisément la présence de ces matières étrangères en dissolvant dans de l'acide azotique pur une centaine de grammes d'argent contenus dans un vase de platine, en évaporant et en fondant l'azotate. Le sel repris par de l'eau froide laisse toujours de l'acide silicique et du sesquioxyde de fer. J'ai trouvé jusqu'à $\frac{15}{100000}$mes de silicium dans de l'argent réduit du chlorure par le procédé de Gay-Lussac. M. Allard, directeur de la Monnaie de Bruxelles, a bien voulu me faire préparer, dans les ateliers de l'hôtel des Monnaies, de très grandes quantités d'argent par ce procédé, tel qu'il prescrit pour obtenir l'argent d'essai. Malgré tous les soins mis par M. Schoonjans, dont j'ai eu l'occasion de constater l'extrême habileté, l'argent produit contenait des traces de cuivre de fer et surtout du silicium. En faisant avec un soin extrême l'analyse de l'argent obtenu par la méthode de Gay-Lussac, j'ai trouvé, en opérant sur deux cents grammes, que l'argent préparé ainsi renferme, après un traitement, de dix-neuf à vingt-trois cent millièmes d'impuretés ; après deux traitements, de treize à dix-sept cent millièmes ; après trois traitements, de huit à dix cent millièmes. La comparaison de cet argent avec du métal obtenu par d'autres procédés m'a conduit absolument au même résultat. Parmi les déterminations du rapport proportionnel de l'argent et du chlorure de potassium, il y en a trois qui ont été faites avec de l'argent préparé par la méthode de Gay-Lussac, et l'impureté du

métal en ressort de la manière la plus évidente. M. Dumas évalue à un dix millième les impuretés contenues dans l'argent qui lui a fourni la Monnaie de Paris. . . . Le chlorure d'argent purifié par le procédé que j'ai indiqué plus haut, mêlé avec son poids de carbonate de soude pur et desséché, et contenant un dixième d'azotate de potasse pur, étant chauffé dans un creuset de porcelaine blanche non vernie, avec les précautions indiquées par Berzélius pour éviter le débordement, fournit un culot d'argent pur, le culot, refondu avec un dixième de son poids de nitre pur mêlé de borax pur, et coulé ensuite dans une lingotière enduite d'une couche de terre de pipe, produit un barreau d'argent retenant des traces à peine sensibles de matières étrangères. Ce procédé est très délicat à exécuter; car, lors de l'action de la chaleur sur le mélange de chlorure et de carbonate, si on élève d'abord un peu trop la température, la matière se fond, se boursoufle beaucoup et risque de sortir du creuset. Quoi qu'il en soit, j'ai préparé par ce moyen plusieurs kilogrammes d'argent.

Pour opérer avec sécurité la réduction du chlorure d'argent dans un creuset de porcelaine blanche non vernie, on doit le placer dans un autre creuset de terre. Voici le moyen que j'ai employé pour faire convenablement l'opération: Je verse, entre l'espace qui sépare les deux creusets, de la terre de pipe calcinée, pulvérisée et mêlée de cinq pour cent de borax fondu et également pulvérisé. Sous l'influence de la chaleur, le borax en se fondant soude le tout ensemble. Lorsque la réduction du chlorure est faite, on peut enlever le système et couler l'argent comme si l'on avait affaire à un seul creuset. La grande masse à chauffer, avant d'atteindre le creuset de porcelaine, empêche la casse et par suite la perte de l'argent.

Je vais indiquer maintenant les moyens que j'ai employés pour obtenir de l'argent servant à contrôler celui que je destinais à mes opérations. Je les fais connaître tout en déclarant qu'ils fournissent trop difficilement de l'argent en assez grande quantité pour qu'on puisse s'en servir comme méthode propre à la préparation en grand du métal pur.

Le premier moyen consiste à se procurer ce métal par l'électrolyse du cyanure d'argent et de potassium pur, ou du cyanure d'argent et d'ammonium. . . .

J'ai eu recours pour me procurer de l'argent pur, à la réaction du phosphore divisé sur une solution d'azotate d'argent diluée au centième. . . .

Enfin j'ai préparé de l'argent par l'action de la chaleur sur l'acétate cristallisé au moins dix fois.

STAS, *Recherches sur les rapports réciproques des poids astronomiques.*

LE VINAIGRE

Rien de plus simple que la disposition d'une vinaigrerie d'Orléans. Elle consiste essentiellement dans des rangées de tonneaux superposés, portant sur le fond vertical antérieur une ouverture circulaire de quelques centimètres de diamètre et un trou plus petit voisin, dit fausset, pour la sortie ou la rentrée de l'air quand la grande ouverture est bouchée par l'entonnoir à l'aide duquel on introduit le vin, ou par le siphon qui sert à retirer le vinaigre. Les tonneaux sont de la capacité de 230 litres, pleins à moitié. Le travail de main-d'œuvre consiste à entretenir dans la vinaigrerie une température convenable et à retirer tous les huit jours environ 8 à 10 litres de vinaigre que l'on remplace par 8 à 10 litres de vin.

La mise en train d'une mère, c'est-à-dire d'un tonneau nouveau, est toujours fort longue. Voici un aperçu du travail qu'elle nécessite. On introduit en premier lieu dans le tonneau 100 litres de très bon vinaigre, bien limpide, puis 2 litres de vin. Huit jours après on rajoute 3 litres de vin; encore huit jours après 4 ou 5 litres, plus ou moins, et ainsi de suite jusqu'à ce que le tonneau contienne environ 180 à 200 litres. On tire alors pour la première fois du vinaigre, de façon à ramener le volume du liquide dans le tonneau à 100 litres environ. C'est à partir de ce moment que la mère travaille et que l'on peut tirer tous les huit jours 10 litres de vinaigre et rajouter 10 litres de vin: c'est le maximum de travail d'un tonneau en huit jours. Souvent il arrive que les tonneaux fonctionnent mal et qu'il est nécessaire de diminuer leur production. En résumé, un tonneau-mère de nouvelle mise en train ne marche bien qu'au bout de deux à trois mois, c'est-à-dire qu'il ne faut pas moins de temps avant qu'une vinaigrerie nouvellement installée puisse commencer à livrer du vinaigre au commerce.

Lorsque je m'occupais, il y a quelques années, de l'étude de la fermentation acétique, j'ai mis au courant des résultats qui procèdent plusieurs fabricants de vinaigre d'Orléans

Parmi eux, il en est MM. Breton-Lorion, qui ont su mettre à profit ces connaissances nouvelles avec beaucoup d'intelligence. Leur maison a monté une fabrique spéciale qui déjà produit environ 12 à 15 hectolitres de vinaigre par jour, avec un matériel très restreint et en allant au moins cinq fois plus vite que par les anciennes pratiques, c'est-à-dire que, toutes choses égales et dans le même laps de temps, ils obtiennent 50 litres de vinaigre quand le procédé d'Orléans en fournit 10 seulement.

L'exposition de cette année au Champ-de-Mars de MM. Breton-Lorion était remarquable et peut-être n'a-t-elle pas été suffisamment distinguée par le Jury, car les expositions doivent récompenser particulièrement les industriels qui se sont montrés assez avisés pour introduire avec succès dans la grande pratique les résultats de la science.

Je serais très incomplet, à divers égards, si je n'entrais ici dans quelques développements au sujet de ce que l'on pourrait appeler les maladies des vinaigres et des vinaigreries.

Un jour, M. Breton-Lorion m'apporta à Paris un flacon rempli de masses d'aspect gélatineux qui entravaient tout le travail de sa vinaigrerie et dont il ignorait la cause ainsi que le moyen de s'en préserver. C'est le vin que vous employez en ce moment, dis-je à M. Breton, qui est la cause occasionnelle de cette maladie dans votre fabrique. Ce vin doit être trouble et avoir éprouvé chez le vendeur un commencement d'acétification. Je suis persuadé qu'il est rempli d'articles de mycoderma aceti. Je vais vous les montrer au microscope ; puis, en évaporant dans une capsule de porcelaine quelques centimètres cubes de vin, vous sentirez à la fin de l'évaporation l'odeur vive et franche de l'acide acétique. Tout ceci fut vérifié et trouvé exact sur-le-champ.

Je me suis assuré, en effet, que les masses muqueuses et membraneuses dont je parle sont une des formes du développement du mycoderma aceti, particulièrement dans les cas où le mycoderme est submergé.

Les auteurs qui ont écrit sur le vinaigre prétendent que l'on trouve de telles masses gélatineuses au fond de tous les tonneaux dans les fabriques d'Orléans et que c'est là la vraie mère du vinaigre. La vérité est qu'elles y sont inconnues et que leur présence, comme vous venez de l'entendre, est l'indice assuré d'un trouble profond dans le travail de la vinaigrerie.

On donne facilement naissance à ces matières d'aspect

gélatineux en semant le mycoderme dans toute la masse du liquide et en l'empêchant de se produire sous forme de voile à la surface. Je dirai tout à l'heure le moyen simple de prévenir cette maladie.

L. Pasteur, *Études sur le vinaigre.*

THERMOCHIMIE

Les corps simples en s'unissant donnent naissance aux corps composés et la transformation est accompagnée par une certaine variation d'énergie, résultant de deux ordres de travaux moléculaires essentiellement distincts : les travaux chimiques proprement dits, dus à la combinaison envisagée en soi, et les travaux physiques, attribuables aux changements d'états, sans préjudice des travaux extérieurs qui peuvent en être la conséquence. C'est ce qu'il est facile de concevoir si l'on examine un cas particulier : la formation de l'eau, à la température de zéro, par exemple. L'union de l'hydrogène et de l'oxygène, rapportée à cette température, produit un composé qui peut affecter soit l'état gazeuse, soit l'état liquide, soit l'état solide. Dans les deux derniers états, interviennent les travaux physiques de liquéfaction et de solidification, qui s'ajoutent aux travaux chimiques, accomplis lors de la formation de l'eau gazeuse. L'eau gazeuse d'ailleurs ne saurait exister à zéro que sous une pression très faible. Si l'hydrogène et l'oxygène ont été mis en rapport à l'avance sous cette pression, demeurée constante, leur combinaison déterminera une diminution de volume du tiers du mélange ; elle deviendra ainsi l'origine d'un certain travail mécanique, représentable par le déplacement d'un poids déterminé.

Les différents travaux qui viennent d'être énumérés peuvent être produits : soit par les énergies intérieures du système qui se transforme ; soit par les énergies étrangères à ce système, telles que les énergies calorifiques, ou les énergies électriques, parfois même, les énergies mécaniques proprement dites, empruntées au choc par exemple. Leur étude constitue l'objet de la Thermochimie.

Berthelot.

PHOTOGRAPHIE DES COULEURS

Nous rappellerons brièvement les deux seuls procédés qui existent actuellement pour obtenir la reproduction des couleurs.

L'un, le procédé interférentiel imaginé par M. Lippmann, les donne directement sur un cliché unique; l'autre, le procédé trichrome, dont MM. Ch. Cros et L. Ducos du Hauron ont posé le principe, les donne indirectement par la combinaison de trois couleurs élémentaires convenablement choisies. C'est à cette dernière méthode que se rapporte le nouveau procédé de MM. Lumière présenté dernièrement à l'Académie des sciences. Mais, alors que dans les procédés indirects jusqu'à présent employés il était nécessaire d'avoir trois clichés, un pour chaque couleur élémentaire choisie, avec le nouveau procédé on ne fait qu'un seul cliché négatif qui peut servir à tirer autant de positifs qu'on le désire.

Dans le procédé trichrome l'image colorée est obtenue en superposant les trois images portant chacune l'une des couleurs élémentaires ; dans le nouveau procédé l'image est composée d'une infinité de points colorés placés les uns à côté des autres. Pour arriver à ce résultat on commence par tamiser de la fécule de pomme de terre de façon à obtenir des grains de 15 à 20 millièmes de millimètre. On en fait trois lots qu'on colore, par des procédés spéciaux, l'un en rouge orangé, les deux autres respectivement en vert et en violet. Après dessiccation, on réunit les trois lots de façon à obtenir un mélange ne présentant aucune coloration dominante. Avec un blaireau on étend cette poudre sur une lame de verre recouverte d'un enduit poisseux. On obtient assez facilement une couche uniforme dans laquelle le microscope montre que les grains sont placés les uns à côté des autres sans superposition, mais il y a entre eux des intervalles nombreux ; on les bouche avec une poudre de charbon de bois extrêmement fine étendue au blaireau. Ces résultats paraissent invraisemblables : ils sont cependant réels, ainsi que permet de le constater nettement le microscope. Sans l'aide de cet instrument une telle plaque regardée par transparence ne semble pas colorée, elle absorbe seulement une fraction de la lumière transmise.

On se trouve donc en présence d'une plaque de verre munie d'écrans infiniment petits. Par-dessus ceux-ci on coule

une émulsion panchromatique. La plaque ainsi préparée est exposée, par le dos, dans la chambre noire; l'image colorée donnée par l'objectif, n'atteindra la couche sensible qu'après avoir traversé les écrans *microscopiques*: les rayons rouges seront absorbés par les écrans verts, tandis que les écrans orangés et violets se laisseront traverser par ces radiations. La couche sensible se trouvera par suite impressionnée sous les écrans violets et orangés, tandis qu'elle restera inaltérée sous les écrans verts. Il en résultera qu'au développement et au fixage l'argent sera réduit en face des écrans orangés et violets, qu'il masquera plus ou moins complètement suivant l'intensité de la radiation émise ; tandis que les éléments verts seront visibles, l'argent qu'ils recouvrent n'ayant pas été réduit par le développement et ayant été dissous par le fixage. On aura en fin de compte un cliché qui, regardé par transparence, montrera une image présentant les couleurs complémentaires de celles de l'objet photographié. On comprend que, si on tire par contact un tel cliché sur une plaque préparée de la même façon, on obtiendra une image qui, vue par transparence, présentera toutes les couleurs de l'original, en admettant bien entendu que les poudres qui ont servi à la préparation de la plaque aient été convenablement colorées, c'est-à-dire que les trois couleurs élémentaires aient été bien choisies; car il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'un procédé indirect.

La difficulté de la préparation des plaques telle que nous venons de l'indiquer n'est pas insurmontable puisque nous avons pu voir récemment des résultats très satisfaisants obtenus par MM. Lumière. Ils cherchent en ce moment à rendre la fabrication pratique, de façon à pouvoir mettre dans le commerce des plaques toutes préparées qu'on emploiera comme les plaques ordinaires, sauf à augmenter le temps de pose. Pour terminer nous devons ajouter que M. Louis Ducos du Hauron avait, dès 1862, indiqué le principe de l'emploi d'une surface recouverte de points ou de lignes portant les trois colorations élémentaires. Une première application a été faite, il y a quelques années, en Angleterre, par M. Joly, qui utilisait une trame formée de lignes colorées; mais il y avait des difficultés pratiques qui firent abandonner le procédé. Espérons que MM. Lumière, dont la science et l'habileté sont bien connues, seront plus heureux en employant le pointillé et qu'ils mettront bientôt la photographie des couleurs à la portée de tous.

G. Mareschal.

LA RADIOACTIVITÉ INDUITE

Les sels de radium ont la propriété d'agir à l'extérieur autrement que par les rayons de Becquerel qu'ils émettent. Ils communiquent peu à peu leurs propriétés radioactives aux corps solides, liquides ou gazeux qui se trouvent dans leur voisinage, et ceux-ci émettent à leur tour des rayons de Becquerel. L'activité peut ainsi se transmettre à tous les corps et ce fait constitue le phénomène de "la radioactivité induite."

La radioactivité induite se propage dans les gaz, de proche en proche, par une sorte de conduction et elle n'est nullement due à l'action directe du rayonnement des sels de radium.

Le phénomène se produit d'une façon particulièrement intense si on place les corps à activer, dans une enceinte fermée, avec un sel de radium solide, ou mieux avec une solution d'un sel de radium. On peut, par exemple, disposer dans une enceinte close remplie d'air un sel de radium placé dans une petite capsule et diverses substances. Dans ces conditions, et au bout d'un temps suffisant, tous les corps se sont activés. On peut alors les soustraire à l'action du sel de radium, les retirer de l'enceinte et constater qu'ils sont devenus le siège d'une émission de rayons de Becquerel. Quand on éloigne le corps activé du corps radioactif, la radioactivité induite sur ce corps persiste pendant un certain temps ; elle diminue cependant peu à peu et finit par s'éteindre. La nature et la pression du gaz de l'enceinte, la nature et la position relative des substances à activer n'ont aucune influence sur les phénomènes observés, et l'activité prise par les différents corps est proportionnelle à la quantité de sel de radium qui s'y trouve.

Pour expliquer ces phénomènes, M. Rutherford admet que le radium dégage, d'une façon continue, un gaz matériel radioactif, auquel il donne le nom d' "émanation." Cette émanation se répand dans l'espace, se mélange aux gaz qui entourent le sel de radium et peut venir agir sous une forme particulière à la surface des corps solides pour les rendre radioactifs. Les phénomènes de la radioactivité induite seraient donc le résultat d'un transport d'énergie radioactive effectuée par l'émanation.

Tous les gaz placés au voisinage des sels de radium deviennent radioactifs ; d'après l'hypothèse précédente, ils sont

chargés d'émanation. Ces gaz peuvent donc communiquer de l'activité aux corps solides que l'on met en leur présence.

Si l'on transporte ce gaz activé dans une autre enceinte, il conserve pendant un temps assez long la propriété de rendre radioactifs les corps solides amenés en contact avec lui; cependant, dans ces conditions, l'émanation entraînée avec le gaz se détruit spontanément, et le gaz perd ses propriétés activantes. Cette vitesse de destruction est telle que la quantité d'émanation répandue dans le gaz "diminue de moitié en quatre jours." Cette loi de désactivation est absolument invariable, quelles que soient les conditions de l'expérience. La constante de temps qui caractérise la dissipation de l'activité du gaz est une donnée caractéristique des sels de radium utilisés pour le rendre actif; elle pourrait servir à définir un étalon de temps.

L'émanation du radium a la propriété de rendre radioactifs tous les corps solides, liquides ou gazeux en contact avec elle. En particulier un corps solide activé, puis soustrait à l'action activante de l'émanation, se désactive suivant une loi assez complexe; mais après 2 heures de désactivation, l'activité du corps diminue régulièrement en fonction du temps, suivant une loi simple; elle baisse de moitié pendant chaque période d'une demi-heure environ. Les liquides peuvent devenir radioactifs. Si l'on place dans une enceinte un sel de radium avec des liquides tels que l'eau, les solutions salines, l'essence de pétrole, on constate que ces liquides s'activent faiblement; il semble que l'émanation s'y dissolve.

Propriétés de l'émanation.—En présence de l'émanation, un grand nombre de corps deviennent phosphorescents; ainsi le verre, le verre de Thuringe en particulier, prend une belle phosphorescence verdâtre. Le sulfure de zinc de Sidot est particulièrement brillant sous l'action de l'émanation et donne alors une lumière très intense. On peut par exemple faire l'expérience au moyen d'un appareil constitué par un gros réservoir en verre dont l'une des moitiés est enduite de sulfure de zinc. On fait le vide dans le réservoir et on aspire ensuite de l'air chargé d'émanation provenant d'un réservoir qui contient une solution de sel de radium. Dans les mêmes conditions le diamant devient très brillant et la kunzite prend une magnifique teinte rose-saumon.

L'émanation du radium se diffuse dans les gaz; elle peut se propager d'un réservoir à un autre, même par un tube capillaire. Elle suit la loi de Gay-Lussac avec la température;

elle possède enfin la propriété très remarquable de se condenser dans l'air liquide, comme l'ont montré MM. Rutherford et Soddy. Ce dernier phénomène peut être mis en évidence d'une manière très brillante : une solution d'un sel de radium est placée dans un réservoir en verre qui peut communiquer par l'intermédiaire de tubes et de robinets, avec deux réservoirs, enduits intérieurement de sulfure de zinc phosphorescent et dans lesquels on a préalablement fait le vide. Si l'on porte l'appareil dans l'obscurité, le tube seul est faiblement lumineux, mais si l'on ouvre le robinet, l'émanation accumulée dans le tube est aspirée et se répand dans le réservoir en provoquant d'une façon intense la phosphorescence du sulfure de zinc qui y est contenu.

Enfin un dernier fait très important est venu s'ajouter aux curieuses propriétés de l'émanation du radium. MM. Ramsay et Soddy ont montré que l'émanation en se détruisant produit en même temps une petite quantité d' "hélium." On comprend l'importance de ce résultat, qui peut s'interpréter en admettant que l'hélium a été créé par l'émanation du radium ; on se trouverait là en présence d'un cas de transmutation des corps simples : le radium donnant naissance à l'hélium. Ce résultat si surprenant est cependant en accord avec le fait que l'hélium se trouve seulement dans les minéraux contenant de l'uranium et du radium, et se dégage de ces minéraux quand on les chauffe. Des expériences récentes ont confirmé d'une façon très nette ces résultats d'une importance fondamentale.

M. Rutherford admet que l'émanation du radium est un gaz matériel radioactif de la famille de l'argon. Les propriétés précédemment énoncées tendent en effet à montrer qu'à bien des points de vue l'émanation du radium se comporte comme un gaz véritable.

On a reconnu la présence de l'émanation du radium dans les gaz extraits de certaines eaux minérales naturelles. Il est possible que les actions physiologiques curatives de ces eaux soient dues, en partie, aux principes radioactifs qui y sont contenus. Il y a là aussi pour la thérapeutique une question d'une très grande importance.

D'après les travaux de MM. Elster et Geitel l'air atmosphérique renferme en très petite proportion une émanation analogue à celle émise par les corps radioactifs. Au sommet des montagnes, l'air atmosphérique contient plus d'émanation que dans la plaine ou au bord de la mer. Enfin l'air des

caves et des cavernes est particulièrement chargé d'émanation. On obtient encore de l'air très riche en émanation en aspirant, au moyen d'un tube enfoncé dans le sol, l'air qui y est contenu.

On peut facilement se procurer un réservoir rempli en permanence d'un tel air actif par l'emploi d'une grande cloche métallique disposée sur le sol avec son bord inférieur enterré de quelques centimètres ; une ou deux tubulures, disposées à son sommet, permettront soit d'introduire un fil métallique isolé et qui acquerra une radioactivité très forte surtout si on le relie au pôle négatif d'une pile composée d'un grand nombre d'éléments ; soit d'en extraire des échantillons d'air à soumettre à une étude ultérieure.

Nature des phénomènes produits par les sels de radium.—L'examen trop rapide que nous venons de faire des propriétés des sels de radium montre que ces sels, ou plus généralement tous les corps radioactifs, constituent des sources d'énergie, qui se révèlent à nous sous forme de rayonnement de Becquerel, de production continue d'émanation, d'énergie électrique, chimique et lumineuse, et de dégagement continu de chaleur. Les principes fondamentaux de la physique nous ont montré que l'énergie se transforme, mais qu'il est impossible d'en créer de toute pièce. Les phénomènes produits par les sels de radium semblent tout à fait en désaccord avec ces principes. Il a donc fallu imaginer des hypothèses pour expliquer ces faits vraiment extraordinaires *a priori.* On s'est souvent demandé si l'énergie est créée dans les corps radioactifs eux-mêmes, ou bien si elle est empruntée par ces corps à des sources extérieures. Ces deux manières de voir ont été le point de départ de nombreuses hypothèses, parmi lesquelles nous en citerons une qui paraît à l'heure actuelle assez satisfaisante.

On peut supposer que le radium est un élément en voie d'évolution, que ses atomes se transforment lentement, mais d'une façon continue, et que l'énergie perçue par nous est l'énergie, sans doute considérable, mise en jeu dans la transformation des atomes ; le fait que le radium dégage de la chaleur d'une manière permanente plaide en faveur de cette hypothèse. Cette transformation serait, d'autre part, accompagnée d'une perte de poids due à l'émission de particules matérielles et au dégagement continu d'émanation. A l'heure actuelle aucune variation de poids n'a été constatée avec certitude ; toutefois, le fait que les sels de radium dégagent

de l'émanation qui se transforme en hélium, permet de supposer que les sels de radium perdent du poids.

Cet exposé sommaire des propriétés des sels de radium peut toutefois, nous l'espérons, donner une idée de l'importance du mouvement scientifique qui a été provoqué par la belle découverte de M. et Mme Curie. Ces physiciens ont fait faire à la science un progrès considérable. En dehors de leur grand intérêt théorique, ces phénomènes donnent de nouveaux moyens d'investigation aux physiciens, aux chimistes, aux physiologistes et aux médecins.

JACQUES DANNE, *La Nature.*

L'ÉNERGIE DU RADIUM

On a cherché l'origine de l'énergie radioactive dans une sorte d'excitation extérieure, telle que celle de l'oxygène dans la phosphorescence, mais les propriétés caractéristiques du Radium persistant dans le vide, cette hypothèse dut être abandonnée. Elle a fait place à une autre du même genre attribuant la radioactivité à l'emmagasinement et à la restitution de l'énergie solaire. Une simple expérience en prouve le non-fondé : entourons, en effet, du Radium de chlorure d'argent, le mettant ainsi à l'abri des radiations extérieures solaires ou autres, la radioactivité persiste intégralement. L'énergie ne provenant pas de l'extérieur, force était d'en chercher la source dans la substance même, et sans doute dans l'état salin du Radium. Il suffit de remarquer qu'il est des substances radioactives non salines pour rejeter cette supposition, toute plausible qu'elle paraisse. Il est vrai que, jusqu'à présent, on n'a jamais obtenu de Radium métallique, c'est-à-dire à l'état isolé. J'ai préconisé l'électrolysation par voie sèche des sels de Radium pur, de façon à réaliser l'isolement du Radium métallique ; mais je doute fort du succès de l'expérience pour deux raisons principales : très probablement les propriétés cesseraient avec la séparation, ensuite le métal obtenu pourrait bien n'être que de l'Hélium.

Il ne reste, j'ai hâte de le dire, qu'une explication résultant de l'étude approfondie de la nature même de l'atome et qui fait découler la radioactivité de l'état de transformation du Radium en Hélium. J'ai longuement traité cette question

dans l'ouvrage ayant pour titre : "Nature intime de l'Électricité, du Magnétisme et des Radiations." On peut s'y reporter.

L'atome est un tourbillon de l'élément primordial ; à toute modification de ce tourbillon correspond du mouvement, du déplacement, des radiations dans l'éther ambiant. La compression et la dépression, la condensation ou la volatilisation sont une source d'électricité et d'énergie, soit que cette énergie ne provienne que du reflux ou de la réaction de la compression ou condensation artificielle produite, soit qu'elle provienne naturellement de la transformation même de l'atome.

L'ozone, en redevenant de l'oxygène, engendre de l'énergie ; il en est de même de tout corps changeant d'état et particulièrement d'un métal qui se volatilise ; dans ce dernier cas, on observe un dégagement de rayons cathodiques et d'électricité négative.

Nous ne pouvons mieux comparer le Radium, relativement à l'Hélium, qu'à l'ozone relativement à l'oxygène. Le Radium est dans un état instable qui tend à s'équilibrer et produit par le fait même des radiations.

Les dernières recherches de Ramsay sont d'ailleurs absolument confirmatives ; l'émanation du Radium, à laquelle on attribue la radioactivité dite induite, est uniquement composée d'Hélium ; bien plus, on reconnaît par l'analyse spectrale que les raies du Radium disparaissent en même temps que cessent les propriétés actives et qu'apparaissent les raies de l'Hélium.

Il n'y a pas là transmutation, mais simple transformation atomique analogue à celle de l'ozone en oxygène ; il n'y a pas non plus dégagement d'un corps mélangé au Radium, puisqu'avant que la radioactivité cesse il n'y avait pas de raies d'Hélium visibles.

Il faut donc définitivement conclure que le Radium n'est que de l'Hélium dans un état instable, état dû aux manipulations chimiques qui ont permis l'extraction du sel radique. Les propriétés sont celles de tout corps se volatilisant, telles qu'on les observe bien plus énergiquement dans les rayons cathodiques. L'énergie provient uniquement des transformations qui se produisent dans les tourbillons des atomes.

Pour ce qui est du Radium, les propriétés ne s'amoindrissant pas il est probable que cette substance n'est composée uniquement que d'Hélium instable ; tandis que dans les substances radioactives à propriétés non durables il est vraisemblable que ces substances contiennent plus ou moins d'hélium.

Il serait à ce sujet intéressant de connaître les résultats de l'étude des émanations de cette substance et de leur analyse, comme Ramsay l'a fait pour le Radium.

Il me reste un second point à considérer, savoir: les propriétés radioactives ne sont qu'en petit des radiations cathodiques. Il suffit d'analyser les faisceaux radioactifs et cathodiques, par leur décomposition sous l'action déviante d'un champ magnétique puissant.

Les rayons α, β et γ se retrouvent absolument avec les mêmes qualités, mais beaucoup plus intenses dans les rayons cathodiques.

Parmi les propriétés du Radium (qui se retrouvent également en partie dans toutes les substances de ce genre, Uranium, Thorium, etc.), on remarque l'élévation de 3 à 4 degrés de la température indiquée par le thermomètre mis en contact du Radium (il faut entendre par ce mot le sel de ce nom). Un faisceau cathodique concentré vers un métal le rend incandescent et le volatilise, le diamant lui-même s'y désagrège.

On observe aussi que le faisceau radique électrise négativement les corps voisins, il en est de même du cathodique qui, composé de parcelles chargées négativement, électrise fortement les objets rencontrés, telle que la paroi du tube.

On constate encore que le premier ionise l'air et électrolyse l'eau, c'est-à-dire la décompose en ses éléments ; le second agit de la même façon, mais avec une intensité bien plus grande.

Il est d'autres propriétés de ce genre que nous retrouvons qualitativement dans le faisceau radique, mais non quantitativement. Ainsi, par exemple, le Radium permet d'obtenir une empreinte radioscopique plus ou moins nette après quelques heures d'exposition, tandis qu'il ne faut que quelques secondes d'exposition par la méthode Roentgen. Le faisceau cathodique, comme les dernières recherches le prouvent, contient aussi des rayons X, à l'intérieur du tube.

Cette similitude est complète et peut être confirmée par l'analyse de l'action d'un champ magnétique puissant sur les faisceaux radiques et cathodiques.

Par la photographie on a pu s'assurer que le premier se décomposait en trois parties, tout comme le second, et que ces faisceaux secondaires étaient absolument identiques dans les deux cas. Je dis par la photographie, car à l'œil il est presque impossible de distinguer les déviations.

Cette expérience a été faite en photographiant la pro-

jection lumineuse du faisceau radique, perpendiculairement au champ magnétique, c'est-à-dire à l'axe de l'électro-aimant; il serait très désirable qu'elle fût complétée par la projection parallèlement à ce champ, de façon à voir la courbure réelle suivie par les rayons déviés.

Les rayons β, c'est-à-dire les plus déviés, se groupent, suivant leur densité, en courbe tendant à se placer parallèlement au courant générateur du champ; ils sont chargés négativement, et ce sont eux qui chargent négativement les corps voisins du Radium. Ce sont, en réalité, de véritables rayons cathodiques; ils sont constitués de parcelles volatilisées, émanation du Radium et des atomes d'hydrogène entraînés par ionisation. Ces radiations produisent dans l'éther ambiant des vibrations longitudinales, qui ne sont que les rayons γ; et, suivant qu'en sortant du corps radiant, ces rayons rencontrent une paroi de verre, ou d'aluminium, ou des écrans phosphorescents ou autres, ils produisent ce qu'on appelle les rayons X, les rayons S ou de Sagnac, et les autres radiations du genre lumineux ou vibratoire. Ces rayons γ ou rayons X se retrouvent dans le faisceau cathodique et ne sont pas déviés par le champ magnétique.

Enfin les rayons α sont composés des éléments (tel que l'oxygène) abandonnés par l'ionisation, ils ne sont pas métalliques mais acides et sont chargés positivement. Ce sont eux qui décèlent la charge positive au contact immédiat du Radium, tout comme on les observe au contact de l'anode, ou du réflecteur du tube focus d'où sont réfléchis les rayons cathodiques négatifs. Ces rayons sont déviés dans un sens perpendiculaire aux rayons β et semblent contourner les lignes de force magnétiques; ce sont des rayons anodiques ou canaux constatés encore dans l'analyse du faisceau cathodique, méthode Broca.

Les trois faisceaux partiels se retrouvent donc dans les cathodiques et n'en sont qu'une réduction. Nous sommes amenés, en présence de cette identité de propriétés et de similitude complète, à confondre absolument les deux faisceaux radique et cathodique. Telle est ma conclusion; et je l'attribue précisément à ce que le Radium se volatilise (comme le prouve l'émanation) et change d'état, donnant ainsi lieu aux phénomènes radioactifs; tandis que dans les tubes à gaz raréfiés, on produit par l'électricité, mais artificiellement, les mêmes effets, donnant lieu aux mêmes phénomènes, connus sous le nom de cathodiques. En résumé, ce qui précède

élargit considérablement notre connaissance de la nature intime de la matière et rentre, sans les troubler, dans les lois générales de la physique.

A. BREYDEL, *La Nature*.

L'INERTIE DE L'EAU

Les phénomènes d'inertie sont tous particulièrement intéressants : non pas seulement à titre de curiosité ou de démonstration pour le vulgaire d'une loi physique, mais au point de vue même de la science la plus élevée. Bien souvent, nous avons eu l'occasion d'indiquer ici de ces expériences, quelque peu enfantines en apparence, que l'on désigne maintenant sous le nom courant de "physique sans appareils," à la Royal Society de Londres.

Ces expériences sont venues démontrer une fois de plus cette énorme inertie qu'offre l'eau, et qui joue tant de mauvais tours à ceux qui ont à compter avec ce qu'on appelait jadis l'élément perfide. Nous devons noter tout de suite qu'elles n'ont pas été accomplies sans appareils, mais du moins avec des appareils extrêmement simples, et dans des conditions des plus originales.

Une première expérience a été exécutée au moyen d'une sphère métallique en cuivre, de 127 millimètres de diamètre, au centre de laquelle on avait disposé un flacon en verre bien bouché, ne contenant que de l'air, et dont le diamètre était de 30 millimètres environ ; ce flacon avait une hauteur suffisamment réduite pour se loger aisément dans la sphère ; il y était du reste maintenu à l'abri des chocs par une sorte de petit matelas de ouate, qui servait uniquement à l'immobiliser. Ajoutons que la surface de la sphère était percée de nombreux trous, afin que l'eau y pût pénétrer librement. On descendit le tout dans la mer, au bout d'une ligne de sonde, et jusqu'à une très grande profondeur qu'on ne semble pas avoir enregistrée ; naturellement, la pression exercée par l'eau augmentait au fur et à mesure que l'appareil descendait, et elle s'exerçait uniquement sur le flacon et non sur la sphère, puisque le liquide pénétrait librement dans cette dernière : il arriva un moment où cette pression dépassa la résistance propre de la paroi du flacon, derrière laquelle se trouvait seulement de l'air, le flacon se brisa, et la sphère s'aplatit

partiellement sur elle-même. Tout simplement, l'effondrement du flacon avait causé pendant un instant, un court instant il est vrai, une dépression dans l'intérieur de la sphère, et l'inertie de l'eau est si grande, qu'elle n'avait pas réussi à se mettre en mouvement assez rapidement pour venir remplir l'espace occupé auparavant par le flacon, et laissé brusquement libre, avant que la dépression se fît sentir sur les parois de la sphère et en entraînât l'aplatissement.

Une autre expérience du même genre, mais peut-être encore plus typique, a été exécutée au moyen d'un tube de cuivre également ouvert à ses deux bouts, et contenant, lui aussi, une petite fiole de verre: l'ouverture des deux extrémités laissait naturellement à l'eau un accès encore bien plus libre. On descendit le tout à une assez grande profondeur, comme précédemment, et à un moment donné la fiole de verre se brisa sous la pression. Quand on remonta ensuite le tube au jour, on constata qu'ici aussi les parois s'étaient écrasées partiellement sous la pression; en dépit des deux ouvertures de l'extrémité du tube, l'eau n'avait pu, à cause de son inertie, de sa paresse au déplacement, se précipiter dans le tube pour supporter les parois métalliques avant que celles-ci eussent effectivement ressenti la dépression, le vide relatif qui se produisait entre elles. Et cependant la pression absolue de l'eau était considérable, et par conséquent elle aurait dû se précipiter dans le récipient de cuivre avec une rapidité d'autant plus grande.

La Nature.

LES AIGUILLES AIMANTÉES

Tandis que toutes les parties de la Terre sont unies par leurs besoins respectifs et par l'échange de leur superflu, tandis que des armées et des nations entières couvrent et habitent les mers, des savants, aussi respectables par leur amour pour le bien public que par leur génie, proposent aux recherches des physiciens et des géomètres la perfection de l'instrument qui dirige la marche des vaisseaux, qui, placé au centre d'un horizon vaste et uniforme, trace une ligne dont la direction est connue: c'est servir l'humanité et sa patrie que de répondre à leurs vues et d'essayer ses forces sur un objet aussi utile.

Définitions et principes.—Si l'on suspend une aiguille aimantée par son centre de gravité, autour duquel on suppose qu'elle peut tourner uniformément dans tous les sens, elle prendra une direction fixe, en sorte que, si on l'éloignait de cette direction, elle y serait toujours ramenée en oscillant.

Si, par la direction de cette aiguille, on fait passer un plan vertical, ce plan sera le plan méridien de la boussole ou autrement le méridien magnétique. L'angle formé par ce plan avec le véritable méridien du monde sera la déclinaison de la boussole.

Si par le point de suspension de l'aiguille on fait passer un plan horizontal, l'angle formé par la direction de l'aiguille avec ce plan sera l'inclinaison de la boussole.

On distingue, dans les aiguilles aimantées, les extrémités sous le nom de *pôles*. L'extrémité qui se dirige à peu près vers le Nord s'appelle *pôle boréal*. L'extrémité qui se dirige à peu près vers le Sud s'appelle *pôle austral*. Les pôles du même nom de différents aimants ou aiguilles paraissent exercer les uns sur les autres une force répulsive. Les pôles de différents noms paraissent avoir une force attractive.

Les lames d'acier ne sont susceptibles que d'un certain degré de magnétisme qu'elles ne peuvent outrepasser. Parvenues à ce point, on dit qu'elles sont aimantées à saturité.

Premier principe.—Si après avoir suspendu une aiguille par son centre de gravité, on l'éloigne de la direction qu'elle affecte naturellement, elle y est toujours ramenée par des forces qui agissent parallèlement à cette direction, qui sont différentes pour les différents points de l'aiguille, dans quelque position que cette aiguille soit placée, par rapport à sa direction naturelle; en sorte qu'une aiguille aimantée éprouve toujours la même action, dans quelque position qu'on la suppose, de la part des forces magnétiques de la Terre.

Le globe de la Terre est un aimant naturel qui, par son action, produit la direction de la boussole. Si l'on suppose que les forces aimantaires sont des forces attractives ou répulsives, les centres de ces forces, placées dans le globe de la Terre, seront, par rapport à la longueur de la boussole, à une distance que l'on peut regarder comme infinie. Mais, comme l'action des forces attractives ou répulsives dépend de la nature et de l'intensité des masses et d'une fonction de la distance, la distance pouvant être supposée la même, dans quelque position que l'on place la boussole, et chaque

point de cette boussole pris en particulier n'éprouvant dans le changement de position aucune variation par rapport à la constitution de ses parties, il s'ensuit que chacun des points de l'aimant sera sollicité par une force dont la direction sera toujours la même et dont l'intensité sera indépendante de la position de l'aiguille.

. . . . . .

Second principe.—Les forces magnétiques du globe terrestre qui sollicitent les différents points d'une boussole agissent dans deux sens opposés. La partie boréale de la boussole est attirée par le pôle boréal du méridien magnétique. La partie australe de l'aiguille est sollicitée dans la direction opposée. Quelle que soit la loi suivant laquelle ces forces agissent, la somme des forces qui sollicitent l'aiguille vers le pôle boréal est exactement égale à la somme des forces qui sollicitent le pôle austral de l'aiguille dans la direction opposée.

On a trouvé qu'une lame d'acier pesée avant d'avoir été aimantée et après l'avoir été, ne changeait nullement de poids. Quelque précision qu'on ait pu mettre dans les expériences, elles ont toujours donné le même résultat. Ainsi toutes les forces qui sollicitent une aiguille aimantée, étant décomposées suivant une direction horizontale et une direction verticale, il suit des principes de la Statique, et de cette expérience, que la somme des forces verticales doit être nulle.

D'un autre côté, on sait que si l'on fait flotter une aiguille aimantée sur un petit morceau de liège, elle se dirige suivant le méridien magnétique, mais que le centre de gravité de tout le système parvient bientôt à un état de repos; or si la somme des forces horizontales n'était pas nulle, si, par exemple, la somme des forces qui tirent vers le pôle boréal était plus grande que la somme des forces qui agissent dans le sens opposé, le centre de gravité du système devrait se mouvoir vers le nord d'un mouvement continu.

On peut donc conclure de ces deux expériences que, puisque la somme des forces décomposées dans le plan horizontal suivant le méridien magnétique est nulle, de même que la somme des forces verticales, il suit que la somme des forces qui agissent suivant la direction naturelle de la boussole est aussi nulle.

. . . . . .

Il semble donc qu'il résulte de l'expérience que ce ne sont point des tourbillons qui produisent les différents phénomènes aimantaires, et que, pour les expliquer, il faut

spondaient exactement avec les extrémités de l'axe de rotation de la Terre ; c'est-à-dire que l'aiguille aimantée prenait exactement la direction du nord au sud.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes*, Douzième édition revue, Paris, 1899.

DÉCOUVERTE DES MACHINES À HAUTE PRESSION

Une autre découverte d'une haute importance dans le mode d'emploi de la vapeur a été faite au début de notre siècle ; c'est l'emploi, dans les machines, de la vapeur à haute pression.

Que faut-il entendre par le mot de *vapeur à haute pression?*

Quand l'eau est en ébullition, si l'on envoie sa vapeur dans le cylindre, elle y produit une puissante action mécanique. Mais cette action mécanique sera considérablement augmentée si, avant d'envoyer dans le cylindre cette vapeur, on la chauffe très fortement en la maintenant dans la chaudière, sans ouvrir le robinet qui doit la faire passer dans le cylindre. Ainsi chauffée, elle acquiert une puissance considérable ; et la tension de la vapeur (c'est là l'expression consacrée) est d'autant plus forte que la vapeur est chauffée plus longtemps avant d'être dirigée dans le cylindre.

C'est un mécanicien allemand, Leupold, qui avait le premier, vers 1725, conçu l'idée de faire usage de la vapeur à haute tension dans les machines à vapeur. Il donna la description d'une machine à vapeur à haute pression dans un ouvrage justement célèbre, *Theatrum machinarum.* Mais ce mode d'emploi de la vapeur ne fut pas adopté par James Watt. La construction des premières machines à haute pression appartient à un Américain, Olivier Evans, d'abord simple ouvrier à Philadelphie, plus tard constructeur d'appareils mécaniques dans la même ville.

En 1825, les mécaniciens Trévithick et Vivian commencèrent à répandre en Angleterre l'usage des machines à vapeur à haute pression d'Olivier Evans, qui jouirent bientôt d'une grande faveur.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

ANALYSE PHYSIQUE DE LA BOUTEILLE DE LEYDE

Tous les physiciens de l'Europe étaient restés impuissants à donner l'explication théorique de l'expérience de Leyde. C'est à l'illustre Franklin, philosophe et savant américain, que la science doit l'analyse des effets de cet instrument. Voici comment on se rend compte du phénomène depuis les travaux de Franklin.

Quand on met la bouteille de Leyde en communication avec le conducteur d'une machine électrique, fournissant par exemple du fluide positif, ce fluide passe dans les feuilles d'or, ou, comme on dit, dans la *garniture intérieure* de la bouteille. Là, il agit par influence, au travers du verre, sur la lame d'étain qui l'enveloppe à l'extérieur, et il décompose son fluide neutre. Le fluide positif repoussé, s'écoule dans le sol. Le fluide négatif au contraire est attiré; mais le verre de la bouteille étant mauvais conducteur, l'arrête et ne lui permet pas d'aller former du fluide neutre avec le fluide positif qui existe à l'intérieur de la bouteille. C'est ainsi qu'une masse considérable d'électricité s'accumule entre les deux garnitures, la garniture extérieure empruntant au sol avec lequel elle communique autant d'électricité que la garniture intérieure de la bouteille peut en accumuler. Si maintenant on fait communiquer les deux garnitures, les deux électricités se précipitent au-devant l'une de l'autre et se combinent en formant une brillante étincelle. Si l'on réunit les deux garnitures avec les mains, l'opérateur reçoit une vive secousse, parce que la recomposition des fluides se fait à l'intérieur même de son corps, en provoquant un ébranlement physique considérable. Mais on est à l'abri de tout danger si l'on opère la décharge avec un *excitateur*, c'est-à-dire avec un arc de métal porté sur deux branches de verre, que l'on tient à la main.

Quand on réunit dans une boîte un certain nombre de bouteilles de Leyde, on augmente la masse d'électricité produite, et on obtient ce que l'on nomme une *batterie électrique*.

Pour charger une batterie électrique on met l'armature extérieure en communication avec le sol, au moyen d'une chaîne de fer qui est attachée à l'une des poignées de fer de

ANALYSE PHYSIQUE DE LA BOUTEILLE DE LEYDE

Tous les physiciens de l'Europe étaient restés impuissants à donner l'explication théorique de l'expérience de Leyde. C'est à l'illustre Franklin, philosophe et savant américain, que la science doit l'analyse des effets de cet instrument. Voici comment on se rend compte du phénomène depuis les travaux de Franklin.

Quand on met la bouteille de Leyde en communication avec le conducteur d'une machine électrique, fournissant par exemple du fluide positif, ce fluide passe dans les feuilles d'or, ou, comme on dit, dans la *garniture intérieure* de la bouteille. Là, il agit par influence, au travers du verre, sur la lame d'étain qui l'enveloppe à l'extérieur, et il décompose son fluide neutre. Le fluide positif repoussé, s'écoule dans le sol. Le fluide négatif au contraire est attiré ; mais le verre de la bouteille étant mauvais conducteur, l'arrête et ne lui permet pas d'aller former du fluide neutre avec le fluide positif qui existe à l'intérieur de la bouteille. C'est ainsi qu'une masse considérable d'électricité s'accumule entre les deux garnitures, la garniture extérieure empruntant au sol avec lequel elle communique autant d'électricité que la garniture intérieure de la bouteille peut en accumuler. Si maintenant on fait communiquer les deux garnitures, les deux électricités se précipitent au-devant l'une de l'autre et se combinent en formant une brillante étincelle. Si l'on réunit les deux garnitures avec les mains, l'opérateur reçoit une vive secousse, parce que la recomposition des fluides se fait à l'intérieur même de son corps, en provoquant un ébranlement physique considérable. Mais on est à l'abri de tout danger si l'on opère la décharge avec un *excitateur*, c'est-à-dire avec un arc de métal porté sur deux branches de verre, que l'on tient à la main.

Quand on réunit dans une boîte un certain nombre de bouteilles de Leyde, on augmente la masse d'électricité produite, et on obtient ce que l'on nomme une *batterie électrique*.

Pour charger une batterie électrique on met l'armature extérieure en communication avec le sol, au moyen d'une chaîne de fer qui est attachée à l'une des poignées de fer de

la caisse. Alors, au moyen d'une seconde chaîne que l'on attache à un crochet, lequel communique avec l'armature intérieure, on fait arriver dans cette armature intérieure un courant d'électricité positive, fourni par une machine électrique, et l'on tourne la manivelle de cette machine. L'électricité positive de l'armature intérieure décompose, à travers le verre, le fluide naturel de l'armature extérieure, repousse l'électricité de même nom, qui s'écoule dans le sol, et attire l'électricité négative contre la face interne du verre. Une grande masse d'électricité de même nature est ainsi accumulée, condensée et séparée par l'interposition du verre.

Si l'on veut décharger la batterie et produire une étincelle énorme et un choc à l'avenant, il n'y a qu'à faire communiquer les deux armatures extérieure et intérieure. Par prudence, il faut, si faible que soit la charge d'une batterie, opérer sa décharge avec un *excitateur*, c'est-à-dire un arc de métal porté sur deux branches de verre, comme on l'a vu plus haut.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

FRANKLIN ÉTABLIT L'ANALOGIE PROBABLE DE LA FOUDRE ET DE L'ÉLECTRICITÉ

Nous avons vu que l'illustre Franklin avait eu le mérite d'analyser et d'expliquer les effets de la bouteille de Leyde. Il rendit aux sciences un service tout aussi signalé, en faisant ressortir l'extrême analogie que la foudre présente avec l'étincelle électrique, et en développant cette pensée beaucoup plus que ne l'avaient fait ses prédécesseurs.

Franklin n'était pas un physicien de profession, c'était un grand citoyen et un sage. En appliquant son bon sens naturel et l'attention d'un esprit libre et indépendant à l'étude des phénomènes électriques, il accomplit des découvertes qui immortaliseront son nom comme savant, pendant qu'il exécutait, dans l'ordre moral et politique, des travaux de la même valeur.

Fils d'un pauvre fabricant de savon, Benjamin Franklin fut successivement apprenti dans une fabrique de chandelles, ouvrier imprimeur, chef d'une imprimerie importante à Philadelphie, député à l'assemblée des États de Pensylvanie, et enfin président de cette assemblée. Il eut une grande part

à la déclaration de l'indépendance des États-Unis, et quand il vint en France, pour y solliciter des secours en faveur de son pays insurgé contre la domination de l'Angleterre, il y fut reçu avec un enthousiasme indicible. Franklin mourut en 1790, après avoir contribué au perfectionnement moral de ses concitoyens par une foule d'écrits populaires ; mais sa vie fut encore son plus bel enseignement. C'est entre les mains de ce grand homme que la doctrine de l'identité de la foudre et de l'électricité fit le plus de progrès. En même temps que Barberet et Romas publiaient leurs travaux, Franklin exposait comme il suit, dans ses *Lettres sur l'électricité*, les motifs qui justifiaient l'hypothèse, selon lui fort admissible, qui rapporte à l'électricité la cause du tonnerre :

"Les éclairs sont ondoyants et crochus comme l'étincelle électrique.

"Le tonnerre frappe de préférence les objets élevés et pointus ; de même tous les corps pointus sont plus accessibles à l'électricité que les corps en forme arrondie.

"Le tonnerre suit toujours le meilleur conducteur et le plus à la portée ; l'électricité en fait autant dans la décharge de la bouteille de Leyde.

"Le tonnerre met le feu aux matières combustibles, fond les métaux, déchire certains corps, tue les animaux ; ainsi fait encore l'électricité."

Franklin alla plus loin. Il mit en avant cette *hypothèse,* qu'une verge de fer pointue élevée dans les airs, communiquant avec un conducteur métallique, en contact lui-même avec le sol, pourrait peut-être enlever l'électricité aux nuages orageux et prévenir ainsi l'explosion de la foudre.

Remarquons toutefois que Franklin ne parlait du paratonnerre que comme d'une expérience à réaliser ; ce moyen était subordonné à la réalité de cette supposition, que la foudre était un phénomène électrique, car il n'avait fait encore aucune expérience propre à déterminer l'existence de l'électricité dans l'air. Il avait seulement bien constaté la propriété remarquable dont jouit un conducteur terminé en pointe, d'anéantir l'état électrique d'un corps placé à peu de distance.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Arc voltaïque.—La différence de potentiel entre les deux pôles d'une pile, même assez puissante, est en général beaucoup trop faible pour qu'on puisse obtenir des étincelles en rapprochant l'un de l'autre les deux rhéophores de la pile, même jusqu'à une très petite distance; mais il s'en produit toujours une, à la vérité très petite, quand, après les avoir réunis, on vient à les séparer. Si alors on les maintient à une petite distance et que la force électromotrice de la pile soit suffisante, l'étincelle se transforme en une lumière continue que l'on nomme l'arc voltaıque et qui se montre avec un grand éclat entre deux électrodes de charbon. Ayant disposé une pile de 2000$^{\text{él}}$ qui avait une surface totale de 824,000$^{\text{cq}}$, Davy fit communiquer les deux pôles avec deux tiges de charbon de 0$^{\text{m}}$,03 de longueur et de 0$^{\text{m}}$,004 de diamètre, séparées par une distance de 0$^{\text{mm}}$,5; il vit alors une lumière éblouissante et continue jaillir sans bruit au point de séparation et se continuer indéfiniment. Il écarta progressivement les charbons l'un de l'autre jusqu'à 0$^{\text{m}}$,10 à 0$^{\text{m}}$,11, et la même lumière s'allongea dans l'intervalle en prenant la forme d'un arc convexe vers le haut, conservant un éclat comparable à celui du soleil et développant une chaleur intense qui faisait rougir les charbons jusqu'au milieu de leur longueur.

Longueur de l'arc.—L'arc voltaïque ne commence à se produire que si les charbons sont amenés presque au contact mais, une fois qu'il est allumé, on peut les écarter jusqu'à une distance maximum après laquelle il s'éteint.

Cette distance est plus grande dans le vide que dans l'air. Elle atteignit 0$^{\text{m}}$,18 au lieu de 0$^{\text{m}}$,11 avec la pile de Davy, dans un œuf électrique où la pression était réduite à 0$^{\text{m}}$,006. Elle augmente avec l'étendue des couples employés mais surtout avec leur nombre, c'est-à-dire avec la force électromotrice: dans les expériences de Despretz, elle était égale à 0$^{\text{m}}$,162 avec 600$^{\text{él}}$ de Bunsen disposés en une seule série linéaire, et à 0$^{\text{m}}$,112 seulement quand ils formaient 24 piles distinctes et parallèles, de 25 couples chacune, réunies par leurs pôles de même nom.

L'arc se produit entre deux métaux quelconques, avec un éclat et une longueur d'autant plus grande que ces métaux sont moins tenaces et plus faciles à volatiliser; il se développe

également entre une tige de charbon et un métal, par exemple l'argent, et dans ce cas, suivant MM. Fizeau et Foucault, les conditions changent avec le sens du courant. Si celui-ci marche de l'argent au charbon, il produit aisément une lumière continue et un transport abondant de l'argent vers le charbon ; s'il change de direction, il passe moins aisément, l'arc s'éteint et ne se rallume que difficilement. Despretz cite cette autre particularité singulière, qu'entre deux charbons verticaux la longueur limite est plus grande quand le pôle positif est en haut que lorsqu'il est en bas : la différence peut varier de $0^{m},074$ à $0^{m},056$.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Le dernier mode d'éclairage dont nous ayons à nous occuper c'est l'éclairage électrique, c'est-à-dire l'emploi de l'arc lumineux résultant de la décharge d'une forte pile voltaïque.

Le courant électrique s'établissant entre les deux extrémités disjointes d'un fil conducteur fait briller entre ces deux extrémités disjointes un arc d'un grand éclat lumineux, qui n'est autre chose que l'étincelle électrique ayant pris un large développement par la grande masse d'électricité due à la pile très puissante dont on fait usage.

Si l'on attache deux fils métalliques aux deux pôles d'une très forte pile voltaïque en activité, et que, sans établir entre eux le contact, on maintienne l'extrémité de ces fils à une certaine distance, suffisante pour permettre la décharge électrique, c'est-à-dire la recomposition des deux électricités contraires qui parcourent les conducteurs, il se manifeste une vive incandescence entre les deux extrémités de ces conducteurs. Cet effet lumineux provient de la neutralisation des deux électricités contraires, dont la recomposition développe assez de chaleur pour qu'il en résulte une apparition de lumière. Quand on emploie quarante à cinquante couples de la pile de Bunsen, l'arc lumineux présente une intensité prodigieuse.

L'élément essentiel de la lampe *photo-électrique* se compose de deux tiges en cuivre placées en regard, et qui communiquent avec une pile de Bunsen en activité, composée de

quarante couples environ. C'est entre ces deux tiges de cuivre placées à l'extrémité des deux conducteurs, c'est-à-dire aux pôles de la pile, que s'élance l'arc lumineux, provenant de la recomposition des deux fluides. Seulement, comme la chaleur si intense qui se développe, et la présence de l'air, auraient pour résultat inévitable d'oxyder promptement les tiges de cuivre qui terminent les conducteurs, on adapte à ces deux tiges de cuivre deux baguettes d'un charbon très peu combustible, connu sous le nom de charbon des cornues de gaz. Cette matière, qui ne brûle que fort difficilement à l'air, est très commode pour servir de conducteur terminal, et c'est entre les deux pointes de charbon que s'établit l'arc lumineux éclairant.

Comme on le devine sans peine, ce n'est pas tout simplement avec la main que l'on pousse les deux charbons l'un vers l'autre, au fur et à mesure de leur usure par la combustion. Un appareil remarquable, le *régulateur électro-magnétique*, rapproche automatiquement les deux charbons, quand leur usure a déterminé un certain écartement entre eux. C'est le courant électrique lui-même qui, aimantant deux petites lames de fer, et les faisant ainsi attirer, converger l'une vers l'autre, rapproche les deux charbons. Le *régulateur électro-magnétique* est un instrument délicat et coûteux. En 1876, un ingénieur russe, M. Jablochkoff est parvenu à la remplacer par ce que l'on nomme aujourd'hui la *bougie électrique*, disposition très ingénieuse et d'une remarquable efficacité.

M. Jablochkoff place deux baguettes de charbon parallèlement l'une à l'autre, et il les sépare par une matière isolante fusible, le plâtre; l'extrémité des deux charbons est seule visible. Ces deux extrémités sont exactement comme deux mèches de bougie placées en regard l'une de l'autre. C'est entre ces deux extrémités libres que jaillit l'arc électrique. A mesure que les charbons brûlent, le plâtre fond, comme le corps gras d'une bougie; il se volatilise, et laisse ainsi continuellement à nu la même longueur des deux charbons nécessaires à l'entretien de l'arc lumineux.

Grâce à la bougie Jablochkoff, l'éclairage par l'électricité a pris une assez grande extension depuis 1876. L'invention du physicien russe a permis de transporter dans la pratique l'éclairage par l'électricité, ce qui était impossible avec le régulateur électro-magnétique, appareil coûteux et sujet à des dérangements. En même temps, on a supprimé la pile voltaïque pour la production de l'électricité. Une machine à

vapeur dont le mouvement se transforme en courant électrique, grâce à la *machine électro-magnétique* de Gramme, a rendu plus facile et plus économique la production du courant électrique.

Ces deux perfectionnements apportés à l'éclairage par l'électricité permirent, en 1878, pendant l'Exposition universelle, d'éclairer, à Paris, différentes places publiques et avenues, par la lumière électrique. Ce mode d'éclairage a pris, depuis cette époque, une extension générale. Plusieurs villes importantes des pays étrangers, telles que Londres, New York, Madrid, Bruxelles, etc., font usage aujourd'hui de ce nouveau mode d'éclairage. Cependant, la *lampe électrique à arc* jouit d'une puissance lumineuse excessive, qui dépasse pour un bec ordinaire 150 becs de lampe Carcel. Cet énorme effet lumineux ne saurait être logiquement reproché à ce procédé d'éclairage; mais il n'en a pas moins l'inconvénient d'empêcher l'introduction de l'éclairage électrique dans les appartements, les salons, les chambres, les différentes pièces de nos maisons. Il fallait, pour compléter la création de l'éclairage électrique, produire un volume de lumière qui ne fût pas plus fort que celui de nos lampes ou de nos bougies.

Ce dernier problème a été résolu par l'invention des lampes voltaïques dites *à incandescence.*

On appelle *lampes à incandescence* celles dans lesquelles le courant électrique n'est pas interrompu pour produire un arc éclairant, mais où l'afflux de l'électricité dans un courant fermé, échauffe assez le conducteur pour le porter au rouge-blanc, ce qui donne une lumière très vive et très éclairante. Le conducteur qui répond à ces nouvelles conditions, est un filament de charbon obtenu par la carbonisation d'une fibre végétale. Une tige de bambou découpée en minces baguettes, est la substance végétale qu'Edison emploie pour cette destination. Il donne à la baguette de bambou la forme d'un M allongé, et il la carbonise dans un creuset rougi au feu. Les extrémités du filament de charbon ainsi obtenu, sont serrées entre deux petites pinces en platine, attachées elles-mêmes aux fils conducteurs de la pile, qui sont également en platine. Ce charbon est enfermé dans un petit récipient en verre, à l'intérieur duquel on a fait le vide. Dans cet espace, parfaitement privé d'air, le charbon ne pouvant se consumer, dure très longtemps.

Les *lampes à incandescence* furent imaginées, pour la première fois, en 1858, par un physicien français, M. de Changy.

L'américain Thomas Edison et l'anglais Swan les ont perfectionnées, en 1878.

C'est une machine magnéto-électrique qui alimente d'électricité les *lampes à incandescence.*

En résumé, avec la lampe à arc voltaïque on dispose d'un puissant moyen d'éclairage, qui commence à beaucoup se répandre, pour éclairer les rues, les places publiques, les ateliers et les grands espaces. Avec les *lampes à incandescence,* on réalise l'éclairage domestique. La lampe électrique envahit tout, aux dépens de l'éclairage au gaz, qui s'est pourtant étrangement perfectionné sous la forme des *becs à incandescence.*

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

L'HORLOGERIE ÉLECTRIQUE

L'application de l'électricité dynamique à la mesure du temps, c'est-à-dire *l'horlogerie électrique,* est une découverte récente. C'est une des plus étonnantes merveilles scientifiques que cette invention qui a permis de marquer par l'électricité les divisions du temps, de faire répéter au même instant les indications d'une horloge par un grand nombre de cadrans semblables, placés sur toutes les places d'une ville, dans toutes les salles d'un édifice, dans toutes les chambres d'une maison ou d'une fabrique. Tel est le résultat extraordinaire qu'a réalisé de nos jours la découverte de l'horlogerie électrique. Au moyen d'une seule pendule régulatrice, on peut indiquer l'heure, la minute, la seconde, en divers lieux séparés par de grandes distances. Les différents cadrans, reliés entre eux par le fil conducteur d'une pile voltaïque partant de l'horloge directrice, réfléchissent, comme autant de miroirs, les mouvements des aiguilles de cette horloge. Dans une ville, par exemple, l'horloge d'une église peut répéter son heure, sa minute sur cent cadrans séparés et distants entre eux. On peut, en un mot, par d'invisibles conduits, distribuer les indications de la mesure du temps comme, dans nos grandes villes, on distribue la lumière et l'eau par des canaux souterrains.

Quels sont les moyens qui permettent de faire marcher par l'action d'un courant électrique les aiguilles d'un ou de plusieurs cadrans éloignés, en leur faisant reproduire les

mouvements d'une horloge unique ? C'est ce que nous allons essayer de faire comprendre.

Comme on l'a vu dans le chapitre de cet ouvrage consacré à l'horlogerie, une horloge se réduit à deux éléments principaux : le ressort moteur, ou *spiral*, et le *balancier*, ou *pendule*, qui, par l'uniformité de ses mouvements, est destiné à régulariser l'action du ressort moteur. Le principe sur lequel repose la construction de l'horloge électrique c'est de transmettre, à distance, les divisions du temps en transportant à un point éloigné chaque oscillation du balancier. Mais comment faire répéter, à distance, les battements du pendule d'une horloge ? Voici l'artifice qui permet d'atteindre ce résultat.

A chaque extrémité de la course circulaire du balancier, ou pendule d'une horloge, on place deux petites lames métalliques que ce balancier vient toucher alternativement à chacune de ses oscillation périodiques. Chacune de ces petites lames est attachée à l'un des bouts du fil conducteur d'une pile voltaïque, de telle sorte que, quand on fait communiquer entre elles par un corps conducteur ces deux petites lames métalliques, le courant électrique s'établit et parcourt toute l'étendue du fil conducteur, en comprenant l'horloge elle-même dans son circuit. Cette communication s'établit nécessairement toutes les fois que le balancier de l'horloge, qui est formé de pièces de métal, c'est-à-dire d'excellents conducteurs de l'électricité, vient se mettre en contact avec les petites lames métalliques disposées à l'extrémité de sa course, et qui communiquent elles-mêmes avec le fil conducteur de la pile. Établi de cette manière par le contact du balancier avec les petites lames métalliques, le courant est interrompu dès que le balancier quitte cette position ; dans chacune de ses oscillations du balancier il y aura successivement établissement et rupture du courant voltaïque. Maintenant, si le fil conducteur de la pile qui part de l'horloge régulatrice est mis en communication, à une distance quelconque, avec un simple cadran dépourvu de tout mécanisme d'horlogerie et réduit aux deux aiguilles du cadran ; si ce fil s'enroule derrière ce cadran autour d'un petit électro-aimant qui, en se chargeant d'électricité, peut attirer une petite lame de fer, c'est-à-dire une *armature* placée en face de lui voici ce qui doit nécessairement arriver. Quand le balancier de l'horloge régulatrice, par ses oscillations successives, établit le courant électrique et fait passer l'électricité à travers ces deux cadrans compris dans le même circuit, l'électro-aimant du cadran placé à distance,

devenant actif, attire la petite armature qui se trouve en face de lui. Cette armature étant ainsi mise en mouvement, pousse, au moyen d'un petit mécanisme nommé *rochet*, la roue des aiguilles de ce cadran, et, par le mouvement de cette roue, fait avancer l'aiguille de ce cadran. Mais la seconde oscillation du balancier de l'horloge régulatrice ayant interrompu le passage de l'électricité dans ce système, l'électro-aimant du cadran éloigné ne recevant plus de fluide électrique, retombe dans l'inactivité ; son armature, repoussée par un faible ressort, reprend sa place primitive, et maintient immobile l'aiguille de son cadran, jusqu'à ce qu'une nouvelle oscillation de l'horloge-type rétablissant de nouveau le courant, vienne, par le mécanisme expliqué plus haut, imprimer un nouveau mouvement à la roue des aiguilles et la faire avancer d'un second pas sur le cadran. Comme le balancier de l'horloge-type bat la seconde, c'est-à-dire exécute son oscillation dans l'intervalle d'une seconde, on voit que le cadran éloigné répète et réfléchit à chaque seconde les mouvements de l'aiguille du cadran de l'horloge régulatrice, et, comme lui, bat la seconde.

Nous avons supposé que l'horloge régulatrice est en communication avec un seul cadran ; mais il est évident que ce qui vient d'être dit pour un seul cadran reproduisant les indications d'une horloge-type, peut s'appliquer à un nombre quelconque de cadrans semblables compris dans le même circuit voltaïque, avec la seule précaution d'augmenter dans une proportion convenable l'énergie de la pile destinée à faire circuler l'électricité dans tout ce système.

On voit, en résumé, qu'avec une seule horloge-type on peut faire marcher les aiguilles d'un certain nombre de cadrans placés à distance, qui tous fournissent des indications conformes entre elles et identiques à celles de l'horloge-type. Si l'on a bien compris les explications qui précèdent, on aura reconnu que l'horloge électrique n'est qu'une ingénieuse et belle application de la télégraphie électrique. Le même moyen physique qui sert à tracer des signes à distance avec le télégraphe électrique américain, permet aussi de télégraphier le temps, c'est-à-dire de marquer ses divisions. En effet, quand on fait fonctionner le télégraphe électrique de Morse, c'est la main de l'opérateur qui, à l'une des stations, établissant et interrompant le courant électrique, met en action, malgré la distance, l'électro-aimant de la station opposée. Dans l'horloge électrique, le balancier d'une horloge remplace la main de l'employé du télégraphe, et par

ses oscillations successives, établit et interrompt le courant à intervalles égaux, de manière à transmettre à distance les divisions du temps, c'est-à-dire de faire battre la seconde.

Cette belle application du principe de la télégraphie électrique fut réalisée pour la première fois, en 1839, par un physicien de Munich, M. Steinheil. En 1840, M. Wheatstone, à qui l'on doit la création et l'établissement en Angleterre de la télégraphie électrique, construisit à Londres une horloge électrique fondée sur le principe qui vient d'être exposé. Au moyen d'une horloge-type, il faisait répéter en différents lieux éloignés les uns des autres l'heure et la minute de cette horloge.

Le premier essai pratique pour l'application de l'horlogerie électrique dans une grande ville a été fait à Leipzig, en 1850, par un mécanicien, M. Storer, de concert avec un horloger de la même ville, M. Scholle.

L'horlogerie électrique commence à se répandre dans quelques villes de l'Europe, bien que l'on ne soit pas encore parvenu à vaincre d'une manière suffisante les difficultés que l'on rencontre quand on veut multiplier les cadrans et les placer à une assez grande distance les uns des autres.

L'horlogerie électrique fonctionne depuis plusieurs années dans la ville de Gand, en Belgique ; les cadrans électriques, au nombre de plus de cent, sont placés dans les lanternes à gaz. Ces horloges communiquent entre elles par un fil conducteur du courant électrique, qui les relie toutes à l'horloge-type. En 1856, un certain nombre d'horloges électriques ont été placées, avec les mêmes dispositions, dans la ville de Marseille.

Dans l'intérieur des gares de deux ou trois de nos chemins de fer, des cadrans électriques distribuent l'heure dans plusieurs salles séparées. Ce système existe en particulier dans les gares des chemins de fer de l'Ouest, du Nord et du Midi.

De grandes difficultés pratiques s'opposent encore à l'adoption générale de l'horlogerie électrique ; mais de nouveaux perfectionnements apportés à son mécanisme permettront sans doute bientôt de transporter d'une manière générale dans nos usages cette invention remarquable.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

CHEFS-D'ŒUVRE HORLOGERS

La Suisse a tellement réussi à monopoliser le commerce d'exportation de la montre que beaucoup de personnes seraient tentées de croire la France, la patrie des Leroy, des Lepaute, des Janvier et de tant d'autres artistes célèbres dans les fastes horlogers, reléguée à l'arrière-plan d'une scène où elle brilla jadis de si éclatante façon et incapable de soutenir la concurrence avec les grandes maisons d'outre-Jura.

C'est cependant une erreur et, quoique Besançon, notre capitale horlogère, ait subi des crises profondes et qui auraient pu lui être fatales, elle n'en est pas moins restée en définitive digne de Genève, du Locle et de la Chaux-de-Fonds.

On pourra en trouver des preuves à l'Exposition de Saint-Louis, et notamment dans la vitrine de M. Louis Leroy, de Paris. Évidemment, la France n'est pas déchue de sa vieille réputation.

Parmi les pièces exposées il en est une qu'il nous a paru intéressant de présenter aux lecteurs de ce journal pour deux raisons. La première est qu'elle détient le record de l'extraplat, si en faveur aujourd'hui. La seconde est que, l'extraplat exigeant de l'ouvrier un talent personnel considérable, ce record est un témoignage de la haute valeur de nos artistes.

C'est dans une pièce de 100 francs, à l'effigie du prince de Monaco et au millésime de 1901, qu'a été logé le mouvement de cette montre.

Quelques chiffres permettront de se rendre compte des difficultés qu'il y eut à vaincre pour mener à bien ce travail. L'épaisseur maxima des reliefs est de $2^{mm},256$. L'épaisseur minima, dans les creux, n'atteint que $1^{mm},786$. Il n'est resté pour l'épaisseur totale du bâti renfermant tous les mobiles du rouage, de la cadrature et du remontoir qu'une épaisseur disponible de $1^{mm},551$! On comprend que, dans ces conditions, il a fallu que chaque pièce du mécanisme fût réduite à l'extrême limite de la minceur. Il y a des pièces de laiton qui n'ont que 14 centièmes de millimètre d'épaisseur et des pièces d'acier qui atteignent à peine 10 centièmes ! Les roues de laiton ont 188 millièmes de millimètre. Le balancier, qui est en or, a 15 centièmes de millimètre d'épaisseur. Quant au ressort moteur sa hauteur de lame est de 445 millièmes de millimètre. Il pourrait se confondre avec

certains spiraux de chronomètres ! Le chevillot, tige d'acier qui porte l'aiguille des minutes et traverse tout le mouvement, a une longueur totale, tête comprise, de $2^{mm},397$, ce qui représente l'épaisseur générale, compris le cadran et les aiguilles. Le diamètre du mouvement est de $15^{mm},791$. Celui du cadran de $24^{mm},25$. Celui de la pièce employée pour incruster le mouvement, $34^{mm},965$. Ajoutons que le calibre est un $\frac{3}{4}$ platine, avec ancre de côté et remontoir à bascule.

Pour donner une idée des difficultés rencontrées au cours de l'exécution de cette petite merveille, difficultés parfois fort imprévues, disons que le mouvement ne compte que 14 vis au lieu d'une trentaine qu'on emploie habituellement. Les vis supprimées l'ont été parce que le défaut d'épaisseur n'aurait pas permis de les faire tenir. De même il n'a pas été possible de percer des œillets pour accrocher le ressort moteur. De même encore il a fallu recourir à des dispositions spéciales, parfois absolument nouvelles, pour la tige brisée du remontoir, la disposition de mise à l'heure, etc.

Au milieu du chaton enrichi de brillants, se voit le cadran. Les sujets qui complètent l'ornementation dans les deux angles sont des automates qui fonctionnent avec les sonneries, car cette montre est pourvue d'un mécanisme fort compliqué. Elle possède un échappement à ancre avec balancier compensé et répète les heures et les quarts.

Rappelons que c'est déjà des ateliers de M. Leroy que sont sorties deux curiosités fort remarquées en 1900, la montre à billes et la montre ultra-compliquée. Dans la montre ultra-compliquée les deux cadrans ne donnent pas moins de 24 indications différentes obtenues par l'assemblage de 975 pièces ! La montre à billes, de 45 millimètres de diamètre et de 6 millimètres et demi d'épaisseur, comportait 116 billes dont les diamètres étaient de un demi et de un quart de millimètre, roulant dans des cuvettes de saphir ! Ce n'était certes pas une petite affaire que d'établir des sphères aussi minuscules et dont la régularité devait être absolument parfaite, sous peine d'entraver la marche du mouvement qu'elles devaient au contraire favoriser.

Si nous ajoutons à cela que tous ces travaux sont bien entièrement français—et bisontins—et que le fabricant dans les ateliers duquel ils furent exécutés a en même temps en service 650 chronomètres dans la Marine française, on pourra conclure sans crainte qu'il ne faut pas trop s'exagérer la supériorité technique et pratique de la Suisse.

Notre France horlogère est digne encore de l'époque où il fallait un chef-d'œuvre pour passer maître en son art. Et cependant Dieu sait si elle a peu reçu d'encouragements des pouvoirs publics.

L. REVERCHON, *La Nature*

TÉLÉGRAPHE SOUS-MARIN

La science a réalisé une des merveilles des temps modernes en continuant au delà des terres les communications télégraphiques, grâce à des fils conducteurs déposés sur le fond des mers.

La télégraphie électrique sous-marine a présenté longtemps des difficultés, par suite de l'insuffisance et de la cherté des différentes matières dont on pouvait faire usage pour obtenir l isolement du fil au milieu de la masse, éminemment conductrice, des eaux de la mer. Ce n'est qu'en 1849 que la *gutta-percha*, substance apportée de la Malaisie et qui constitue un excellent isolateur du fil électrique, permit de résoudre le problème de la télégraphie sous-marine.

Le 13 novembre, 1851, on inaugurait le télégraphe sous-marin entre Douvres et Calais. Le conducteur était un câble métallique, souple et solide à la fois. Quatre fils de cuivre, contenus dans un gaîne de gutta-percha, étaient entrelacés avec quatre cordes de chanvre. Le tout était réuni par un mélange de goudron et de suif. Une corde de chanvre servait de fourreau au câble qui était fortement serré à l'extérieur avec des fils de fer. La gutta-percha offre un moyen parfait pour l'établissement d'un fil télégraphique à travers les mers : car si les liquides conduisent bien l'électricité, la gutta-percha est une excellente substance isolante, et par conséquent elle est très propre à servir d'enveloppe pour un fil électrique sous-marin.

La pose d'un câble télégraphique sous-marin est une opération qui présente beaucoup de difficultés pratiques. Il s'agit de jeter au fond de la mer, sans le briser, un conducteur électrique, qui peut avoir plus de cent lieues de longueur, non interrompue. Le câble, déposé dans la cale d'un navire à vapeur, est retiré de la cale et vient ensuite s'enrouler, sur le pont du navire, autour d'une immense bobine de bois, placée près du tambour des roues du bâtiment. Les matelots

jettent à la mer le bout du câble, qui par son propre poids descend rapidement jusqu'à ce qu'il ait touché le fond; puis le câble se déroule par l'effet même de la marche du navire jusqu'à la station d'arrivée. C'est une opération extrêmement délicate et qui exige des marins très adroits. Il arrive trop souvent qu'une brusque secousse, imprimée au bâtiment par les vagues, brise le conducteur au moment où on le déroule dans les très grandes profondeurs de la mer. D'autres fois, c'est l'excessive profondeur de l'eau qui provoque sa rupture; car le poids du câble, non soutenu par le fond, devient si considérable, que le métal se brise par son seul poids.

Ce système de communication sous-marine a fait en peu d'années de rapides progrès. Des télégraphes sous-marins réunissent aujourd'hui une foule de continents. La longueur du câble télégraphique de Douvres à Calais est d'environ trente kilomètres; son diamètre d'environ trois centimètres, et son poids total de cent quatre-vingt mille kilogrammes. Il est composé de quatre fils de cuivre entourés d'une couche isolante de gutta-percha; ces fils sont ensuite réunis et recouverts par une enveloppe générale de même matière, et le tout est solidement fixé au moyen de dix gros fils de fer qui ne sont d'aucune utilité pour la communication électrique; ils sont là seulement pour protéger les fils conducteurs et leur enveloppe: ils donnent à l'ensemble la force nécessaire pour résister aux causes extérieures de destruction.

On voit au milieu les quatre fils de cuivre qui sont les conducteurs du courant électrique, et au pourtour les dix gros fils de fer qui les protègent.

Le câble sous-marin d'Irlande, qui se rend de Holyhead à Dublin, à travers cent trente kilomètres de mer, ne contient qu'un seul fil de cuivre, tandis que sa cuirasse extérieure est composée de douze fils de fer assez minces; aussi pèse-t-il dix fois moins, à longueur égale, que le conducteur de Douvres à Calais: son poids, par kilomètre, est seulement de six cent dix kilogrammes, et son poids total de quatre-vingt mille kilogrammes environ.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

LES NOUVEAUX TRANSATLANTIQUES

SANS PREMIÈRE CLASSE

Nous avons tenu nos lecteurs au courant des nouveaux steamers transatlantiques, achevés ou projetés, dont le but est de réduire de plus en plus la durée du passage d'Europe en Amérique: ces navires, devant donner des vitesses très grandes, nécessitent des machines énormes qui consomment forcément des monceaux de charbon.

Or, s'il y a un ensemble de passagers dont le temps est réellement précieux, soit pour les affaires qui réclament leur présence, soit pour abréger la durée de leur traversée, il y a par contre une foule de gens qui ne veulent ou ne peuvent point payer un prix de passage exorbitant, dans le seul but d'abréger leur voyage de quelques heures ou même d'une journée. Il est donc logique que les transports de passagers se partagent en deux grandes catégories, les gens qui veulent la grande vitesse à tout prix, et ceux qui se contenteront d'allures plus modestes. Pour la seconde catégorie de voyageurs, il s'est créé, ou du moins il se crée une classe spéciale de bateaux, à bord desquels les cabines de première classe sont inutiles, car ceux qui se payent le luxe de cette classe auront les moyens de payer également le supplément de la grande vitesse. (Il n'en est pas ici comme des trains omnibus, qui desservent des stations brûlées par les express, et que les voyageurs de première classe sont obligés de prendre.)

Le navire qui, le premier, ait présenté cette caractéristique, est le "Carpathia": construit pour la Compagnie Cunard, il a été expressément prévu pour un service sans cabines ni aménagements de première classe. Il ne comporte que des deuxièmes et des troisièmes classes, mais cela ne l'empêche point d'offrir les plus remarquables dispositions comme machinerie. Ce navire des bourses modestes, qui sort des chantiers Swan and Hunter, possède deux hélices tout comme le "Kaiser Wilhelm II"; il est long de plus de 170 mètres pour une largeur de près de 20 mètres et un creux de $12^{m},34$. Son tonnage est de 13,555 tonneaux et son déplacement de 24,000 tonnes. Ses deux machines n'ont ensemble qu'une puissance de 9000 chevaux: c'est suffisant, parce qu'on ne veut point tenter des vitesses extraordinaires; ce sont des machines à quadruple expansion, alimentées par 7 chaudières fournissant de la vapeur à 14,7 kg par centimètre carré.

Le fait qu'on se contente de vitesses modérées, que, par conséquent, les machines et les approvisionnements de combustible n'occupent qu'une place assez restreinte, permet de porter plus de 12,000 tonnes de cargaison; et grâce aux bénéfices qu'assure ce chargement, on peut ne pas imposer des tarifs de passage très élevés, tout en ne réduisant pas l'espace disponible pour chaque passager au strict minimum. Les passagers de seconde classe ont des aménagements aussi confortables qu'on peut le désirer, et ils jouissent, sur les ponts supérieurs, des bonnes places qui sont habituellement réservées aux cabines de première classe ou même de luxe. Les troisièmes classes ont ici un confort supérieur à celui dont on se contentait, il n'y a pas encore longtemps, pour les secondes; on leur assure un air constamment renouvelé, et réchauffé en hiver, rafraîchi en été; nous ne sommes plus au temps des entreponts où les émigrants étaient entassés dans une atmosphère plus ou moins irrespirable. Le transatlantique sans première classe constitue un nouveau progrès au profit des voyageurs peu fortunés, et une amélioration dans les moyens de transport modernes. *La Nature.*

LE STÉRÉOSCOPE

Historique.—Euclide et Galien connaissaient déjà ce fait, que l'accouplement de deux images dissemblables reçues dans les deux yeux donne la sensation du relief.

Porta, physicien italien, Gassendi, et plus récemment Harris et le docteur Smith, avaient des idées assez précises sur le sujet qui nous occupe. De Haldat, savant physicien de Nancy, qui s'est beaucoup occupé des phénomènes de la vision, a le premier étudié expérimentalement les effets de la vision simultanée de deux objets de forme et de couleurs dissemblables. De Haldat n'avait plus qu'un pas à faire pour construire le stéréoscope; mais il se laissa devancer par un illustre physicien anglais, Wheatstone.

Stéréoscopes à miroirs.—Le 25 juin 1838, le *stéréoscope à miroirs* de Wheatstone faisait sa première apparition au sein de la *Société royale de Londres.* Dans cet instrument on produisait l'effet du relief en faisant coïncider deux images à peu près semblables par leur mutuelle réflexion sur des miroirs plans convenablement placés.

Le stéréoscope de Wheatstone était oublié quand sir David

Brewster construisit le sien. Un premier modèle de cet instrument fut fabriqué sous les yeux de ce physicien, à Dundee, en Écosse. Mais les opticiens de Londres et de Birmingham ne se prêtèrent pas à le propager. Ce petit appareil serait peut-être retombé dans l'oubli, sans un voyage que Brewster fit à Paris en 1850. M. l'abbé Moigno, frappé des délicieux effets du stéréoscope de Brewster, le pria d'en confier la construction à un habile opticien de Paris, M. Jules Dubosq. L'heure du succès avait sonné. Le stéréoscope devint populaire en France un an avant d'avoir attiré l'attention en Angleterre. Depuis l'Exposition universelle de 1851, on a vendu plus d'un demi-million de *stéréoscopes de Brewster*.

Images stéréoscopiques.—Les images stéréoscopiques sont deux vues du même objet, qui ne diffèrent que très peu l'une de l'autre. Elles représentent cet objet comme l'observateur le verrait en regardant cet objet alternativement avec l'œil droit et avec l'œil gauche. Placées dans le stéréoscope, elles se réunissent sur la rétine en une image unique, par l'effet des deux prismes, et donnent ainsi la sensation du relief. La photographie permet de produire très facilement deux images de bas-reliefs, de statues, de portraits, satisfaisant à cette condition. Pour cela, on prend successivement de la même distance et sous des angles inégaux de quelques degrés à droite et de quelques degrés à gauche, avec une même chambre obscure, deux images de l'objet qu'on a choisi. Des images photographiques, ainsi obtenues sur un métal ou sur papier, produisent dans le stéréoscope des effets magiques, qui ont ouvert une ère nouvelle aux applications de la photographie.

LOUIS FIGUIER, *Les grandes inventions modernes.*

LE TÉLÉPHONE

Historique.—Le téléphone fit sa première apparition à l'exposition de Philadelphie, en 1876, mais ce n'est qu'en 1877 que des expériences publiques furent faites à Boston, avec le merveilleux instrument qui permet de transmettre la parole à de grandes distances. La découverte du téléphone causa dans le monde savant une vive surprise, car bien peu de recherches antérieures dans le domaine de l'acoustique avaient fait prévoir une invention aussi extraordinaire. On savait depuis longtemps que si l'on place l'oreille sur une poutre placée

horizontalement, tandis qu'à l'autre extrémité de la poutre quelqu'un frappe légèrement avec la tête d'une épingle, on entend un bruit assez fort, dont la sonorité dépend de la longueur de la poutre, de la nature du bois et de la force du choc. On savait encore que le bruit du canon s'entend à une grande distance quand on applique l'oreille contre le sol, et que le son peut se transporter d'une extrémité à l'autre d'un tuyau métallique de plusieurs kilomètres de longueur, sans rien perdre de son intensité.

Vers 1837, on découvrit qu'une tige métallique quand elle est aimantée et désaimantée rapidement, émet des sons, lesquels sont en rapport avec le nombre des émissions des courants qui les déterminent. C'est ce qu'on appela la *musique galvanique.* Ce fut là le prélude de découvertes sérieuses dans la voie de la téléphonie.

L'auteur de la découverte de la *musique galvanique* était un physicien américain, le professeur Page. On sait que les notes de musique dépendent du nombre de vibrations imprimées à l'air, et que les notes ne sont perceptibles par notre oreille que quand le nombre des vibrations surpasse seize par seconde. Page reconnut que si les courants qui parcourent un électro-aimant sont établis et interrompus plus de seize fois en une seconde, les vibrations sonores transmises à l'atmosphère par le barreau aimanté engendrent des sons, en d'autres termes produisent la *musique galvanique.* Ce curieux résultat provient de ce que l'air est mis en vibration par le barreau de fer, qui se déforme chaque fois qu'il reçoit ou perd son aimantation. De la Rive augmenta l'intensité des sons qu'avait su produire Page en employant de longs fils métalliques qui étaient soumis à une certaine tension et qui traversaient l'axe de bobines d'induction entourées d'un fil métallique isolé.

En 1847 et en 1852, des *vibrateurs électriques* furent contruits par MM. Froment et Petrina, d'après les idées de MM. MacGauley, Wagner, Neef, etc., afin de produire des sons musicaux par le courant électrique. Mais ce fut seulement en 1854 qu'un physicien français, M. Charles Bourseul, vint démontrer la possibilité de transmettre la parole à distance, sous l'influence de l'électricité. Cette idée ne fut pas prise au sérieux par nos savants, mais vingt ans après elle était appliquée en Amérique avec un succès inattendu, et apportait la solution du problème de la transmission des sons à distance.

Vers 1875, on vendait à Paris, pour 50 centimes, un

appareil grossier, à l'aide duquel on se parlait presque à voix basse, à une distance de dix mètres environ. Cela s'appelait le *télégraphe à ficelle*, et les savants n'y accordaient aucune attention. Tout se réduisait à deux embouchures en carton, reliées entre elles par une ficelle attachée au fond de chaque embouchure. Ce fond était une membrane de parchemin. Une personne parlait en appliquant l'une de ces embouchures entre ses lèvres, tandis qu'une seconde personne plaçait l'autre embouchure contre l'oreille, en ayant soin de tenir la ficelle bien tendue. Les paroles étaient ainsi transmises assez facilement. La création du téléphone fut préparée par la construction de quelques appareils au jeu plus ou moins efficace, qui permettaient de transmettre à distance les sons musicaux à l'aide d'un courant électrique établi et interrompu rapidement selon la découverte du professeur Page. Le premier téléphone transportant à distance un air de musique, fut construit, en 1861, par Philippe Reiss, physicien allemand. Philippe Reiss disposa un diaphragme de manière que ses vibrations pussent établir et interrompre rapidement un circuit voltaïque. Il prenait une caisse en bois, y plaçait le diaphragme en rapport avec le circuit voltaïque et parlait ou chantait devant une embouchure de la caisse. Le son de la voix produisait dans le diaphragme des vibrations rapides, et chacune de ces vibrations établissait ou interrompait le contact avec le fil du courant, contact composé d'une pointe de platine. Le courant fourni par une pile était ainsi interrompu à chaque vibration du diaphragme, ce qui donnait autant d'aimantations et de désaimantations d'un électro-aimant lié au diaphragme. Tout son produit dans la caisse faisait vibrer le diaphragme et faisait vibrer également l'électro-aimant, lequel reproduisait le son.

Mais cet appareil ne reproduisait que des sons isolés, des sons musicaux. Il ne transportait à distance que de la *musique galvanique*. Il restait à découvrir la transmission de la parole, c'est-à-dire le *téléphone*. C'est à un physicien anglais d'origine mais naturalisé américain, M. Graham Bell, qu'est due la découverte du téléphone.

M. Graham Bell affirme que cette invention a été le résultat de ses longues et patientes études et expériences sur les vibrations sonores. Son père, Alexandre Melville Bell, d' Édimbourg, qui avait étudié sérieusement la physique, était parvenu, à ce qu'il nous assure, à reproduire artificiellement la disposition du larynx humain. Son fils se joignit à lui, pour

toires qui surviennent alors sont-ils pour quelque chose dans cette coloration. Ce sang noir n'a d'ailleurs pas perdu la propriété de devenir rutilant au contact de l'air.

La nicotine administrée à forte dose peut-elle communiquer au sang des propriétés toxiques? Cette question, qui a été résolue *à priori*, affirmativement par les uns, négativement par d'autres, a été soumise à la vérification expérimentale. Je vous ai déjà rendu compte de ce qui arrive en pareil cas: la viande peut être mangée, et le sang transfusé impunément. Les intestins empoisonnent d'autres animaux lorsque l'agent toxique a été donné en excès. Cependant des auteurs ont invoqué aussi l'expérimentation pour prétendre que le sang des animaux empoisonnés par la nicotine était toxique. L'expérience peut, en effet, conduire à cette conclusion lorsqu'elle est faite dans des conditions particulières: lorsque l'animal que l'on nourrit de chairs empoisonnées est beaucoup plus petit que celui qui a été empoisonné d'abord. Dans les expériences que nous signalons actuellement, on dit avoir empoisonné un gros lapin, puis avoir donné son sang à des oiseaux qui en étaient morts. Cette condition d'animaux plus petits est nécessaire, et cependant je ne crois pas qu'il y ait d'autre poison assez violent pour produire les mêmes effets que la nicotine, même en se plaçant dans ces conditions. Notons enfin que, dans ce cas, le sang renferme un excès de nicotine, mais qu'il n'est pas vénéneux par lui-même.

On a signalé à la suite de l'empoisonnement par la nicotine des effets persistants, des paralysies. Dans nos expériences sur les animaux, nous n'avons rien observé de semblable; dès le lendemain, l'animal qui n'avait pas succombé dans un temps assez court était revenu à la santé. Nous nous sommes assez étendu, en parlant de l'oxyde de carbone, sur la difficulté d'observer chez les animaux ces symptômes consécutifs pour n'avoir pas à y revenir ici.

En résumé, l'action physiologique de la nicotine porte sur le système vasculaire, et son effet médicamenteux serait une action diurétique. Il ne faudrait pas conclure de là que ce poison agit sur les reins; il n'agit même pas sur les nerfs qui se rendent à ces organes. Il est diurétique par son action sur le système nerveux du cœur, par les modifications que cette action exerce sur les conditions physiques qui ont la plus grande influence sur le phénomène général des excrétions.

Nous vous avons parlé précédemment de la roideur tétanique qui pouvait s'observer chez les animaux empoisonnés avec de

M. Bell était prévenu par un autre fil télégraphique du moment où allaient se faire les épreuves.

Des transmissions inverses furent faites et avec le résultat le plus favorable. Les spectateurs de Salem entendirent les paroles et les chants de Boston.

La Téléphonie à grande distance

La téléphonie avait un dernier pas à franchir. Il fallait envoyer la parole à de grandes distances, c'est-à-dire d'une ville à une autre très éloignée.

Ce dernier progrès a été réalisé récemment. En 1886, une correspondance téléphonique a été établie de Bruxelles à Paris, puis de Bruxelles à Berlin. Reims, Rouen et le Havre ont été mis en communication avec Paris, en 1887, par une ligne téléphonique. Pour établir une ligne téléphonique, on tend, d'une ville à l'autre, un fil composé d'un alliage très conducteur de l'électricité et très résistant : le *bronze silicieux*, c'est-à-dire le bronze allié à une certaine quantité du métal connu sous le nom de silicium, radical de la silice.

Aujourd'hui la téléphonie à grande distance se fait sur des proportions bien autrement vastes. En effet, non seulement le Danemark peut causer avec Trieste, mais encore on a inauguré, voici déjà quelques années, une ligne monstre de 1600 kilomètres de long, réunissant New-York à Chicago. Actuellement, elle a plus de 2000 kilomètres de développement ; enfin on franchit déjà la mer entre Calais et Douvres, et l'avenir nous réserve sans doute la téléphonie transatlantique.

Louis Figuier, *Les grandes inventions modernes.*

LA LUMIÈRE ET LES ÊTRES VIVANTS

De Candolle a prouvé que l'on peut réveiller, au moyen d'une lumière artificielle suffisamment intense, une plante endormie ; le fait a souvent été vérifié. Mais j'ai constaté sur les Sensitives un détail intéressant : si l'on expose la plante pendant quelque temps à une lumière énergique, puisqu'on la replace dans l'obscurité avant que son apparence ait commencé à changer, elle se réveille comme si on l'eût laissée à la lumière ; le mouvement est donc la conséquence d'un acte qui a dû mettre un certain temps à se produire.

Ce ne sont pas seulement les feuilles, mais aussi les fleurs,

qui présentent chez plusieurs plantes des apparences diverses pendant le jour et pendant la nuit. J'ai remarqué également dans ces organes les effets consécutifs de la lumière.

En outre des mouvements dits de réveil et de sommeil, la lumière en détermine d'autres chez les plantes, dans les feuilles et parfois dans les fleurs. Tout le monde sait qu'elle produit des mouvements de rotation dans les mêmes organes, phénomènes désignés sous le nom d'*héliotropiome*, et qui est manifestement un indice de mieux être, ou, comme dirait Hartmann, un fait de *conscience végétale*. Enfin, les botanistes discutent encore sur la question de savoir si c'est pendant la nuit ou sous l'influence solaire que se fait le plus rapidement l'accroissement en longueur des plantes.

Des modifications plus intimes sont encore dues à l'action de la lumière. Si l'on recouvre d'une lame obscure une partie d'une jeune feuille de tabac, on voit que la zone cachée devient assez vite plus foncée que les autres. En examinant les choses de près, on reconnaît que cela tient à ce que la partie active de la cellule, le *protoplasma*, se met en mouvement, entraînant avec lui la matière verte et en changeant la distribution. L'examen de feuilles de mousses a fait voir que la lumière a pour effet de transporter sur les cloisons latérales des cellules les grains verts qui s'étalaient sur leurs parois antérieure et postérieure. On a vu depuis que le protoplasma si actif des *plasmodies* des Myxomycètes, sortes de champignons, fuit de même la lumière avec une grande énergie.

Tous ces phénomènes extérieurs sont la conséquence de réactions chimiques. La plante en présente de deux ordres qui se combattent dans une certaine mesure : combustion dans les parties non vertes, réduction dans les parties vertes, sous l'influence solaire. Si l'on supprime celle-ci, il n'y a plus que des combustions. M. Boussingault, dans une expérience célèbre, a montré qu'un haricot qui pousse à l'obscurité jusqu'à atteindre un mètre de haut, perd cependant de son poids, en matières sèches bien entendu. Mais il n'est pas nécessaire de le mettre à l'obscurité complète, et j'ai vu des haricots poussant dans un endroit bien éclairé, mais à la lumière diffuse, et dont les feuilles étaient larges et vertes, commencer par diminuer de poids jusqu'à ce qu'ils aient atteint 40 au 50 centimètres.

Cette réduction de l'acide carbonique est opérée par une matière colorante verte, la chlorophylle ; mais celle-ci, pour agir, a besoin de l'intégrité de la cellule, où elle imprègne un

petit fragment de protoplasma, où, sous l'influence de la lumière, elle accumule de l'amidon qui se détruit à l'obscurité. Quand on met les plantes à l'obscurité, elles deviennent jaunes, et il semble que la chlorophylle en ait disparu ; mais elle est simplement altérée, et si l'on traite les cellules décolorées par l'acide sulfurique, elles verdissent aussitôt. La lumière fait le même effet, et ramène la couleur normale.

Tels sont les principaux phénomènes, chimiques et morphologiques, qui indiquent l'action des vibrations de l'éther sur les plantes. Mais il faut chercher à savoir si toutes les longueurs d'onde concourent à ces actions, si celles qui peuvent donner la sensation lumineuse agissent seules, si enfin elles agissent toutes.

Deux méthodes ont été employées par les expérimentateurs: dans l'une, on disperse la lumière solaire à l'aide d'un prisme, et on place les plantes aux différents points du spectre. Dans l'autre, on intercepte une partie des rayons de la lumière blanche avec des verres ou des liquides colorés.

PAUL BERT.

LA CHALEUR

Lorsqu'un corps a été échauffé et qu'on le place dans le voisinage ou au contact de substances dont la température est plus basse que la sienne, il se refroidit et les échauffe. La chaleur peut donc se transmettre.

On reconnaît aisément que cette communication s'accomplit suivant deux modes distincts: 1° lentement et de proche en proche par l'intermédiaire des molécules des milieux continus, c'est-à-dire par conductibilité; 2° rapidement et à distance, en franchissant directement l'intervalle qui sépare deux corps éloignés; alors elle se propage par rayonnement. Nous allons d'abord étudier sommairement ce dernier phénomène. L'expérience journalière nous apprend que la chaleur du soleil, des lampes ou des foyers traverse l'air, les carreaux des fenêtres, les châssis des serres et en général tous les corps transparents solides, liquides ou gazeux. Ce fait, qu'il est impossible de contester, parut d'abord susceptible de deux interprétations contradictoires. Quelques physiciens émirent l'opinion que, pendant cette communication, la surface antérieure des corps absorbe la chaleur qu'elle reçoit et l'abandonne, de molécule à molécule, aux parties voisines, qui s'échauffent ainsi de proche en proche. D'autres pensèrent

que la chaleur chemine directement à travers les milieux sans changer leur température et qu'elle les traverse instantanément comme le fait la lumière. Cette dernière opinion a définitivement prévalu après les expériences suivantes. Prévost, de Genève, montra qu'un flux calorifique passe en quantité égale à travers une nappe d'eau, soit quand elle est maintenue immobile, soit quand elle coule avec assez de rapidité pour n'avoir pas le temps de s'échauffer. Il fit voir aussi qu'une lentille convexe taillée dans l'eau congelée, qui fond et ne s'échauffe pas quand elle absorbe de la chaleur, transmet néanmoins et concentre à son foyer une assez grande proportion de rayons solaires pour enflammer du bois. Enfin Delaroche vit qu'une lame de verre recouverte de noir de fumée cesse d'être traversée par la chaleur, précisément parce qu'elle l'absorbe en s'échauffant. D'ailleurs, ce qui exclut toute idée de propagation par échauffements successifs, c'est que la chaleur traverse le vide ; cela est évident, puisqu'elle nous vient du soleil, et cela fut démontré directement par Rumford. Il prépara dans cette intention un baromètre long, étroit et terminé à son sommet par un large ballon, au centre duquel était le réservoir d'un thermomètre. Il ramollit ensuite le tube à la lampe au-dessus du niveau de mercure et au-dessous du ballon, et il enleva la partie supérieure qui se trouva ainsi fermée et vide. Quand on plongea ce ballon dans l'eau chaude, on vit que le thermomètre montait instantanément, c'est-à-dire que la chaleur traversait le vide barométrique. Dans les chapitres précédents, nous nous sommes habitués à considérer la chaleur comme un mouvement d'agitation des dernières particules de la matière ; or on conçoit parfaitement qu'un mouvement se propage de proche en proche (par exemple par une série de chocs), d'une particule matérielle à une autre, ce qui a lieu dans le cas de la conductibilité ; mais on ne conçoit pas également la propagation du mouvement là où il n'y a plus de matière, dans le vide barométrique par exemple. Cependant le fait de la propagation par rayonnement est incontestable, et il est à remarquer que le plus souvent la chaleur rayonnante accompagne la lumière, considérée aussi comme un mouvement, et susceptible de se propager dans le vide. Il est, *a priori*, bien probable que le mécanisme du transport de la chaleur et de la lumière est le même. On ne conservera plus de doute à cet égard quand nous aurons exposé les principales lois de la chaleur rayonnante.

Identité de la Chaleur rayonnante et de la Lumière

On a admis, pour l'explication des phénomènes lumineux, l'existence d'un milieu universel, l'éther doué de masse, mais non de poids, qui pénètre l'espace vide de matière, ainsi que les corps matériels eux-mêmes. Dans les corps transparents il conserve en grande partie sa mobilité, qu'il perd au contraire à peu près complètement dans les corps opaques. La lumière consiste en mouvements vibratoires de l'éther; ces mouvements se propagent avec une vitesse considérable à partir de l'éther qui pénètre le corps lumineux jusqu'à celui qui pénètre le corps éclairé. D'ailleurs l'éther et la matière ne sont pas sans action l'un sur l'autre, puisque la lumière ne saurait être émise, absorbée, modifiée que par les corps matériels: on peut dire que dans l'éther isolé la lumière n'existe pas.

Nous étudierons dans le Cours d'Optique les lois de la propagation de la lumière. Nous mesurerons la vitesse avec laquelle elle se propage, et nous constaterons que c'est aussi la vitesse de propagation de la chaleur rayonnante. Nous chercherons comment la lumière se réfléchit, se réfracte, se polarise, et nous retrouverons les mêmes lois pour la réflexion, la réfraction, la polarisation de la chaleur. Enfin les lois générales de l'émission et de l'absorption seront reconnues communes aux deux ordres de radiations, les radiations lumineuses et les radiations calorifiques.

Sans insister davantage pour le moment sur cette analogie ou, pour mieux dire, cette identité de la chaleur rayonnante et de la lumière, nous accepterons le fait de la propagation de la chaleur par les vibrations éthérées, nous reservant d'en faire une étude approfondie dans la partie de ce livre consacrée à l'étude des radiations.

Température de l'Arc

La température de l'arc est sans doute la plus élevée que l'on puisse produire: le platine y fond comme la cire dans une bougie. Despretz a montré que les corps les plus réfractaires peuvent s'y liquéfier et même s'y volatiliser; que les cônes de charbon se ramollissent, se courbent, se soudent et se réduisent en vapeur, et qu'après l'action ils sont devenus mous et traçants. D'après M. Jacquelain, le diamant se comporte comme tous les charbons, c'est-à-dire qu'il perd sa transparence et ses propriétés précieuses pour passer à l'état

de graphite. Enfin, M. W. Siemens commence à employer la chaleur de l'arc électrique à fondre à l'intérieur d'un creuset des quantités considérables des métaux les plus réfractaires.

Les deux pôles ne prennent pas la même température: le positif s'échauffe plus que le négatif. Il suffit pour le démontrer de placer, comme le fit M. Gassiot, deux rhéophores de cuivre en croix: le positif rougit et le négatif reste obscur; ou bien, comme M. Tyrtow, de faire arriver le courant sur un bain de mercure par une pointe métallique: elle rougit; mais elle reste sombre et le mercure se volatilise quand on change la direction du courant. Enfin, si les deux rhéophores, au lieu d'être identiques, sont formés de deux substances inégalement conductrices c'est celle qui l'est le plus qui s'échauffe en général le moins. Les moyens précis pour évaluer la température de l'arc et celle des charbons nous font évidemment défaut, puisque nous ne possédons pas de thermomètre qui puisse atteindre ces températures. On peut cependant s'en faire une idée, d'après l'intensité de la lumière émise. Si, par exemple, on admet que la loi de Dulong et Petit est applicable aux températures très élevées comme aux basses températures, on pourra déterminer la température des charbons de l'arc électrique, comme nous avons déterminé celle du Soleil. A toute autre hypothèse particulière, sur la loi du rayonnement, correspondra une évaluation différente de la température, et l'on comprend qu'il est très difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, d'établir quoi que ce soit de rigoureux sur ce sujet. Il n'est cependant pas sans intérêt de signaler ici les valeurs assignées par les recherches récentes de M. Rossetti aux températures des deux charbons et de l'arc. La température maximum du charbon positif serait de 3900°, celle du charbon négatif de 3150°, celle de l'arc de 4800°, indépendamment de la grandeur de l'arc et de l'intensité du courant.

Phénomènes de Transport

Quand l'arc se produit dans l'air, les deux tiges de charbon diminuent de volume, parce qu'elles brûlent toutes deux; mais dans le vide cette combustion ne se fait pas, et l'on voit la pointe positive se creuser et diminuer de poids pendant que la négative augmente de volume et s'allonge: il y a donc un transport de matière du pôle positif vers le pôle négatif.

Ce transport se remarque quelle que soit la substance qui

termine les deux rhéophores ; c'est probablement parce qu'il est plus aisé avec les métaux peu tenaces, que l'arc se forme mieux entre eux, et c'est aussi pour cette raison que cet arc est plus beau quand le courant va de l'argent au charbon que s'il marche du charbon à l'argent.

Les expériences de Van Breda ont montré ce phénomène sous son véritable jour. Ayant établi l'arc entre deux métaux différents, il a vu que tous les deux sont entraînés à la fois, le positif dans la direction du courant, le négatif dans le sens opposé et quelquefois en quantités égales. Matteucci a confirmé l'exactitude de ces faits, bien que l'entraînement lui ait toujours paru plus abondant dans le sens du courant, ce qu'il attribue avec raison à la plus haute température du pôle positif. Il y a donc, en général, un double transport des substances à travers l'arc ; cela doit avoir lieu même quand les rhéophores sont identiques, et dans ce cas, l'expérience n'accuse que la différence entre les quantités de matière entraînées dans les deux sens.

Ces conclusions sont confirmées par des études toutes différentes, que nous avons déjà indiquées en Optique. Quand on examine le spectre de l'arc voltaique, on le trouve composé des mêmes couleurs que celui des rayons solaires, qui s'étalent d'une manière continue, mais au milieu desquelles se détachent avec un éclat très vif des raies brillantes, dont le nombre et la disposition varient avec la nature des pointes des rhéophores. Or, si ces pointes sont constituées par des métaux différents, les raies observées sont formées par la superposition de celles qui caractérisent chacun de ces métaux : donc ils sont tous les deux volatilisés et entraînés dans l'espace que l'arc illumine.

LA PHYSIQUE EXPÉRIMENTALE ; L'INDUCTION ET LA DÉDUCTION

La physique expérimentale n'est nullement nécessaire pour déterminer les lois du mouvement et de l'équilibre ; un véritable physicien n'a pas plus besoin du secours de l'expérience pour démontrer les lois de la mécanique et de la statique qu'un géomètre n'a besoin de règle et de compas pour s'assurer qu'il a résolu un problème difficile. La seule utilité expérimentale que le physicien puisse tirer des observations sur les

lois de l'équilibre, sur celles du mouvement et en général sur les affections primitives des corps, c'est d'examiner attentivement la différence entre le résultat que donne la théorie et celui que fournit l'expérience, et d'employer cette différence pour déterminer, par exemple, dans les effets des machines simples l'altération occasionnée par le frottement et par d'autres causes. . . . Alors l'expérience ne servira plus simplement à confirmer la théorie ; mais, différant de la théorie sans l'ébranler, elle conduira à des vérités nouvelles auxquelles la théorie seule n'aurait pu atteindre.

Le premier objet réel de la physique expérimentale est l'examen des propriétés générales des corps que l'observation nous fait connaître pour ainsi dire en gros, mais dont l'expérience seule peut mesurer et déterminer les effets : tels sont, par exemple, les phénomènes de la pesanteur. Aucune théorie générale n'aurait pu nous faire trouver la loi que les corps pesants suivent dans leur chute verticale ; mais, cette loi une fois connu par l'expérience, tout ce qui appartient au mouvement des corps pesants, soit rectiligne, soit curviligne, soit incliné, soit vertical, n'est plus que du ressort de la théorie. . . .

Il en est de même d'un grand nombre de parties de la physique, dans lesquelles une seule expérience ou même une seule observation sert de base à des théories complètes. Ces parties sont principalement celles qu'on a appelées physico-mathématiques, et qui consistent dans l'application de la géométrie et du calcul aux phénomènes de la nature. . . .

La perfection de l'analyse et l'invention des nouveaux calculs nous ont mis en état de soumettre à la géométrie des phénomènes très compliqués. Il serait seulement à souhaiter que les géomètres n'eussent pas quelquefois abusé de la facilité qu'ils avaient d'appliquer le calcul à certaines hypothèses ; que la géométrie, qui ne doit qu'obéir à la physique quand elle se réunit avec elle, ne lui commande jamais. . . . Reconnaissons que les différents sujets de physique ne sont pas également susceptibles de l'application de la géométrie. Si les observations ou les expériences qui servent de base au calcul sont en petit nombre, si elles sont simples et lumineuses, le géomètre sait alors en tirer le plus grand avantage et en déduire les connaissances physiques les plus capables de satisfaire l'esprit. Des observations moins parfaites servent souvent à le conduire dans ses recherches et à donner à ses découvertes un nouveau degré de certitude ; quelquefois même le raisonnement mathématique peut l'instruire et l'éclairer, quand

l'expérience est muette ou ne parle que d'une manière confuse ; enfin, si les matières qu'il se propose de traiter ne laissent aucune prise à ces calculs, il se réduit alors aux simples faits dont les observations l'instruisent ; incapable de se contenter de fausses lueurs quand la lumière lui manque, il n'a point recours à des raisonnements vagues et obscurs, au défaut de démonstrations rigoureuses.

C'est principalement la méthode qu'il doit suivre par rapport à ces phénomènes sur la cause desquels le raisonnement ne peut nous aider, dont nous n'apercevons point la chaîne, ou dont nous ne voyons du moins la liaison que très imparfaitement, très rarement et après les avoir envisagés sous bien des faces. Ce sont là les faits que le physicien doit surtout chercher à bien connaître ; il ne saurait trop les multiplier ; plus il en aura recueilli, plus il sera près d'en voir l'union ; son objet doit être d'y mettre l'ordre dont ils seront susceptibles, d'expliquer autant qu'il sera possible les uns par les autres, d'en trouver la dépendance mutuelle, de saisir le tronc principal qui les unit, de découvrir même par leur moyen d'autres faits cachés et qui semblaient se dérober à ses recherches, en un mot, d'en former un corps, où il se trouve le moins de lacunes qu'il se pourra ; il n'en restera toujours que trop. Qu'il se garde bien surtout de vouloir rendre raison de ce qui lui échappe, qu'il se défie de la fureur d'expliquer tout, . . . de se contenter de principes et de raisons vagues, propres à soutenir également le pour et le contre. . . . Des faits et point de verbiage, voilà la grande règle en physique comme en histoire ; ou, pour parler plus exactement, les explications dans un livre de physique doivent être comme les réflexions dans l'histoire, courtes, sages, fines, amenées par les faits ou renfermées dans les faits mêmes par la manière dont on les présente.

Au reste, quand nous proscrivons de la physique la manie de tout expliquer, nous sommes bien éloignés de condamner ni cet esprit de conjecture qui, tout à la fois timide et éclairé, conduit quelquefois à des découvertes, ni cet esprit d'analogie dont la hardiesse perce au delà de ce que la nature semble vouloir montrer et prévoit les faits avant de les avoir vus. Ces deux talents précieux et rares trompent à la vérité quelquefois celui qui n'en fait pas assez sobrement usage, mais ne se trompe pas ainsi qui veut.

Si la retenue et la circonspection doivent être un des principaux caractères du physicien, la patience et le courage

doivent d'un autre côté le soutenir dans son travail. . . . En nous méfiant de notre industrie, gardons-nous de nous en méfier avec excès. Dans l'impuissance que nous sentons tous les jours de surmonter tant d'obstacles qui se présentent à nous, nous serions trop heureux sans doute si nous pouvions du moins juger au premier coup d'œil jusqu'où nos efforts peuvent atteindre ; mais telle est tout à la fois la force et la faiblesse de notre esprit, qu'il est souvent aussi dangereux de prononcer sur ce qu'il ne peut pas que sur ce qu'il peut. Combien de découvertes modernes dont les anciens n'avaient pas même l'idée ? Combien de découvertes perdues que nous contesterions trop légèrement ? Et combien d'autres que nous jugerions impossibles sont réservées pour notre postérité ?

D'ALEMBERT, *Essais sur les éléments de la philosophie.*

SYNTHÈSE ET ANALYSE

C'est au moyen de la synthèse que Newton a exposé sa théorie du système du monde. Il paraît cependant qu'il avait trouvé la plupart de ses théorèmes par l'analyse, dont il a reculé les limites et à laquelle il convient lui-même qu'il était redevable de ses résultats généraux sur les quadratures. Mais sa prédilection pour la synthèse et sa grande estime pour la géométrie des anciens lui firent traduire sous une forme synthétique ses théorèmes et la méthode même des fluxions. . . . On doit regretter, avec les géomètres de son temps, qu'il n'ait pas suivi, dans l'exposition de ses découvertes, la route par laquelle il y était parvenu, et qu'il ait supprimé les démonstrations de plusieurs résultats, paraissant préférer le plaisir de se faire deviner à celui d'éclairer les lecteurs. La connaissance de la méthode qui a éclairé l'homme de génie n'est pas moins utile aux progrès de la science que ses découvertes. . . .

. . . . . .

La synthèse géométrique a d'ailleurs la propriété de ne jamais perdre de vue son objet, et d'éclairer la route qui conduit des premiers axiomes à leurs dernières conséquences ; au lieu que l'analyse algébrique nous fait bientôt oublier l'objet principal pour nous occuper de combinaisons abstraites, et ce n'est qu'à la fin qu'elle nous y ramène. Mais, en s'isolant ainsi des objets, après en avoir pris ce qui est indispensable pour arriver au résultat que l'on cherche ; en s'abandonnant

ensuite aux opérations de l'analyse, et réservant toutes ses forces pour vaincre toutes les difficultés qui se présentent, on est conduit, par la généralité de cette méthode et par l'inestimable avantage de transformer le raisonnement en procédés mécaniques, à des résultats souvent inaccessibles à la synthèse. Telle est la fécondité de l'analyse, qu'il suffit de traduire dans cette langue universelle les vérités particulières pour voir sortir de leurs expressions une foule de vérités nouvelles et inattendues.

Aucune langue n'est autant susceptible de l'élégance qui naît du développement d'une longue suite d'expressions enchaînées les unes aux autres et découlant toutes d'une même idée fondamentale. L'analyse réunit encore à ces avantages celui de pouvoir toujours conduire aux méthodes les plus simples; il ne s'agit pour cela que de l'appliquer d'une manière convenable par un choix heureux des inconnues, et en donnant aux résultats la forme la plus facile à construire géométriquement, ou à réduire en nombres: Newton lui-même en offre beaucoup d'exemples dans son *Arithmétique universelle.*

Cependant les considérations géométriques ne doivent pas être abandonnées; elles sont de la plus grande utilité dans les arts. D'ailleurs il est curieux de se figurer dans l'espace les divers résultats de l'analyse, et réciproquement de lire toutes les modifications des lignes et des surfaces, et les variations des corps dans les équations qui les expriment. Ce rapprochement de la géométrie et de l'analyse répand un nouveau jour sur ces deux sciences: les opérations intellectuelles de celle-ci, rendues sensibles par les images de la première, sont plus faciles à saisir, plus intéressantes à suivre; et quand l'observation réalise ces images et transforme les résultats géométriques en lois de la nature; quand ces lois, en embrassant l'univers, dévoilent à nos yeux ses états passés et à venir, la vue de ce sublime spectacle nous fait éprouver le plus noble des plaisirs réservés à la nature humaine.

LAPLACE, *Système du monde.*

L'ÉLECTROMAGNÉTISME

L'histoire des Sciences nous offre des époques marquées par des découvertes fécondes qui amènent à leur suite une multitude d'autres découvertes. Telle fut à la fin du dernier

siècle, celle où Volta inventa l'instrument que la juste reconnaissance du monde savant a consacré à son auteur, en lui donnant le nom de *pile voltaïque*.

Cet instrument est composé d'un certain nombre de plaques de deux métaux différents, qui alternent entre elles, et avec une substance liquide, de manière que, d'une extrémité de l'appareil à l'autre, les deux métaux et le liquide se suivent toujours dans le même ordre.

La première et la dernière plaque portent chacune un fil métallique : tant que ces fils restent séparés, ils présentent tous les caractères des corps électrisés ; mis à la fois en contact avec un corps susceptible de décomposition, leur action devient un des plus puissants moyens d'analyse, et la Chimie doit à l'emploi de ce moyen de nouvelles substances et des idées plus justes sur la nature des principaux matériaux du globe que nous habitons ; enfin lorsque ces deux fils sont intimement unis, les phénomènes purement électriques et les phénomènes chimiques disparaissent, mais l'électricité qui parcourt alors les fils d'un mouvement continu avec une inconcevable rapidité manifeste son activité par de nouveaux effets qui ne sont pas moins remarquables. L'élévation de la température de ces fils, leur incandescence, leur combustion étaient les seuls qu'on eût remarqués quand M. Œrsted,[1] en découvrant que les mêmes fils exercent, dans ce cas, un nouveau genre d'action, différent à tous égards des attractions et des répulsions produites par l'électricité ordinaire, a pour jamais attaché son nom à une nouvelle époque qui sera peut-être marquée dans l'histoire des Sciences par des résultats aussi nombreux et aussi importants que ceux qu'elles ont dûs à la découverte de Volta.

On donne ordinairement à ce nouveau genre d'action le nom d'*action électromagnétique*, parce que, dans le premier exemple d'une telle action, celui qu'a observé M. Œrsted, elle s'exerce entre un aimant et le fil conducteur de l'électricité qui joint les deux extrémités de la pile.

. . . . . .

Sir H. Davy, ayant remarqué que les différents métaux ne conduisent pas le courant électrique avec une égale facilité, a mesuré, par des moyens simples et précis, les divers degrés de leur faculté conductrice. Il a déterminé l'influence de la température sur les effets de la pile ; il a montré que dans le cas où le courant voltaïque traverse, sous la forme d'une gerbe

[1] Physicien danois (1774–1851).

lumineuse, de l'air raréfié, il est attiré ou repoussé par un barreau aimanté de la même manière que quand il est conduit par un fil métallique. Cette expérience est d'autant plus remarquable qu'elle confirme l'ingénieuse explication qu'a donnée M. Arago du singulier et brillant phénomène des aurores boréales. Enfin voici un dernier fait que le savant physicien anglais vient de découvrir: quand on place un barreau fortement aimanté dans une position verticale, au-dessus ou au-dessous d'une coupe qui contient du mercure où plongent deux conducteurs mis en communication avec les extrémités de la pile, il se forme un tourbillon autour de chaque conducteur.

M. Faraday, à qui la Chimie doit l'importante découverte des chlorures de carbone, a fait connaître entre un aimant et un conducteur voltaïque, une action toute différente dans ses effets de celle qu'a découverte M. Œrsted ; elle s'en rapproche seulement en ce qu'on peut les déduire toutes deux de la loi générale à laquelle j'ai tenté de ramener tous les phénomènes électromagnétiques. Cette action produit un mouvement de révolution qui se continue toujours dans le même sens. Ce mouvement s'observe également dans un conducteur libre de se mouvoir autour d'un aimant fixe, et dans un aimant que l'on rend mobile en le faisant flotter sur du mercure. L'aimant tourne alors autour du point où le conducteur est en contact avec le mercure.

AMPÈRE, *Journal de physique.*

LA DOUBLE RÉFRACTION

Les substances cristallisées réfractent et réfléchissent en général la lumière suivant la même loi que les milieux diaphanes ordinaires ; mais la plupart d'entre elles lui impriment une nouvelle modification qui multiplie singulièrement les phénomènes. Lorsqu'un rayon lumineux pénètre dans ces substances, il se divise en deux faisceaux dont l'un suit la loi de la réfraction ordinaire, et l'autre subit une réfraction extraordinaire soumise à une loi différente. De même, lorsqu'un rayon se réfléchit dans l'intérieur de ces corps, il se divise en deux faisceaux, dont l'un suit la loi de la réflexion ordinaire, et l'autre suit une loi analogue à celle de la réfraction extraordinaire.

Lorsque la lumière pénètre dans une substance diaphane ordinaire, le carré de sa vitesse est augmenté ou diminué d'une quantité constante ; en sorte que dans un même milieu cette vitesse est constamment la même, quelle que soit la direction du rayon.

Lorsqu'elle est réfléchie dans un milieu diaphane ordinaire, la vitesse du rayon réfléchi est égale à celle du rayon incident.

Dans la réfraction extraordinaire, le carré de la vitesse de la lumière est égal au carré de celle qui est réfractée ordinairement, moins une quantité proportionnelle au carré du sinus de l'angle compris entre l'axe du cristal et la direction du rayon réfracté extraordinaire.

Dans la réflexion extraordinaire, le carré de la vitesse de la lumière est égal au carré de celle qui est réfléchie ordinairement, moins une quantité proportionnelle au carré du sinus de l'angle compris entre l'axe du cristal et le rayon réfléchi extraordinaire.

L'expression de ces lois, jointe aux principes généraux de la mécanique, conduit, avec le seul secours de l'analyse, à la connaissance et au développement des nombreux phénomènes de l'optique.

Mon principal objet est d'établir les lois de la réfraction et de la réflexion extraordinaires, de développer leurs conséquences et d'en déduire les principaux phénomènes que présentent les substances cristallisées. Cependant, comme ce sujet se rattache souvent aux phénomènes ordinaires de l'optique, je commencerai par analyser les lois de la réfraction et de la réflexion ordinaires.

Dans la première partie, je déduis d'une analyse uniforme et générale les diverses circonstances de la propagation de la lumière ; je fais ensuite l'application de cette théorie à la catoptrique et à la dioptrique ordinaires ; je détermine le lieu, la forme et la grandeur des images réfléchies ou réfractées, ainsi que l'intensité de la lumière qui émane de chacun de leurs points ; et comme je n'introduis dans le calcul aucune restriction qui puisse diminuer sa généralité, l'application de mes formules donne la mesure exacte des phénomènes.

Dans la seconde partie, j'établis, par une suite nombreuse d'expériences, les lois de la réfraction et de la réflexion extraordinaires ; je rattache à ces lois des phénomènes qui semblaient leur échapper et faire une exception particulière ; je montre l'accord constant des expériences avec les résultats de

la théorie, et je développe les circonstances qui déterminent cette singulière modification de la lumière.

. . . . . .

Lorsque l'Institut a appelé l'attention des physiciens sur la question de la double réfraction (1808) que la différence d'opinion des plus grands géomètres rendait indécise, j'ai commencé par observer et mesurer une longue série de phénomènes sur des faces naturelles et artificielles du spath d'Islande. En vérifiant ensuite sur ces observations les différentes lois proposées jusqu'à ce jour par les physiciens, j'ai été frappé de l'accord admirable de celle de Huyghens avec les phénomènes, et j'ai été promptement convaincu que cette loi était réellement celle de la Nature. En développant les formules analytiques dans lesquelles il est nécessaire de traduire cette loi pour comparer ses résultats à ceux de l'expérience, j'ai trouvé qu'elle satisfaisait non seulement à tous les phénomènes que ce grand géomètre avait observés, mais encore à ceux qui avaient échappé à ses recherches, tels que les réfractions multiples et les réflexions extraordinaires.

. . . . . .

Ainsi, après un siècle de recherches et de discussions sur cette matière, une connaissance plus parfaite des phénomènes nous ramène à admettre, comme incontestable, cette loi remarquable que l'autorité de Newton avait fait méconnaître, et replace une des plus belles découvertes de Huyghens au rang qu'elle doit occuper dans le système de nos connaissances.

MALUS, *Théorie de la double réfraction de la lumière.*

MESURE DES TEMPÉRATURES.—LOIS DU REFROIDISSEMENT

Dès l'origine de la physique expérimentale, on a senti que, parmi tous les effets produits par la chaleur, les variations qu'éprouvent les corps dans leur volume devaient être préférées à tous les autres phénomènes dûs à la même cause, pour mesurer ses vicissitudes naturelles ou artificielles. Toutefois il y avait loin de ce premier aperçu aux connaissances nécessaires pour assujettir la construction des thermomètres à des procédés invariables qui pussent rendre leurs indications comparables. Mais le fréquent emploi de ces instruments, et l'utilité des données qu'ils fournissent, ayant

ramené souvent l'attention des physiciens sur toutes les circonstances qui peuvent modifier leur marche, toutes les particularités de leur construction ont été étudiées avec tant de soin et d'une manière si détaillée qu'il ne reste presque plus rien à désirer sur cet objet.

Il était indispensable, sans doute, d'apporter dans les observations thermométriques une grande précision; mais cela ne suffisait pas pour conduire à une connaissance approfondie de la théorie de la chaleur. On pourrait, à la vérité, rapporter la marche de tous les phénomènes à une échelle arbitraire de température, et chercher des formules empiriques qui représentent exactement les observations; mais on ne peut espérer de découvrir les propriétés les plus générales, ou, si l'on veut, les lois les plus simples de la chaleur, que lorsqu'on aura confronté les thermomètres construits avec les substances prises dans les trois états dont la matière est susceptible, et lorsqu'on aura déterminé les rapports qui existent entre les indications de ces instruments et les quantités de chaleur ajoutées ou soustraites pour produire des variations déterminées de température.

Quoique ce sujet de recherche ait dû naturellement se présenter à l'esprit de presque tous les physiciens, on doit convenir qu'il n'a pas encore été traité avec tout le soin et tout le développement que son importance exige. Les essais de Deluc et de Crawford n'embrassent qu'une étendue trop limitée de l'échelle thermométrique, pour qu'il soit permis d'en déduire aucune conséquence générale. C'est, au reste, un défaut commun à presque tous les travaux relatifs à la théorie de la chaleur, et qui est devenu la source de tant d'inductions erronées. On conçoit facilement, en effet, que des phénomènes assujettis à des lois fort différentes peuvent avoir une marche en apparence identique dans un certain intervalle de température, et que, si l'on se contente de les observer entre les limites où leur divergence est presque insensible, on sera porté à attribuer leurs faibles écarts aux erreurs d'observation, et l'on manquera des données nécessaires pour remonter à leur véritable cause. Plusieurs fois, dans le cours de ce Mémoire, on aura l'occasion de sentir la justesse de cette réflexion.

M. Dalton,[1] en considérant la même question sous un point de vue beaucoup plus élevé, a essayé d'établir des lois générales applicables à la mesure de toutes les températures.

[1] Physicien anglais (1766-1844).

Ces lois, il faut en convenir, forment un ensemble imposant par leur régularité et leur simplicité. Malheureusement cet habile physicien s'est trop empressé de généraliser des aperçus fort ingénieux, il est vrai, mais qui ne reposaient que sur des évaluations incertaines. Aussi n'est-il presque aucune de ses assertions qui ne se trouve contredite par les résultats des recherches que nous allons faire connaître.

Ces recherches ont pour objet principal les lois du refroidissement des corps plongés dans un fluide élastique d'une nature, d'une densité et d'une température quelconques. Avant de nous livrer à l'étude de cette classe de phénomènes, il était indispensable de suppléer d'abord au défaut de notions exactes sur la mesure des températures élevées. C'est donc par l'examen de cette question accessoire, mais d'un haut intérêt par elle-même, que nous avons commencé notre travail : c'est aussi par là que nous en commencerons l'exposition.

Ce mémoire se composera ainsi de deux parties très distinctes : l'une aura pour objet tout ce qui est relatif à la mesure des températures ; la deuxième comprendra les lois générales du refroidissement.

DULONG, *Recherches sur la mesure des températures et sur les lois de la communication de la chaleur.*

LES INTERFÉRENCES

Je supposerai qu'un rayon de lumière solaire vienne rencontrer directement un écran quelconque, une belle feuille de papier blanc, par exemple. La partie du papier que le rayon frappera, comme de raison, sera resplendissante ; mais me croira-t-on maintenant, si je dis qu'il dépend de moi de rendre cette portion éclairée complètement obscure, sans que pour cela il soit nécessaire d'arrêter le rayon ou de toucher au papier ?

Quel est donc le procédé magique qui permet de transformer à volonté la lumière en ombre, le jour en nuit ? Ce procédé excitera encore plus de surprise que le fait en lui-même ; ce procédé consiste à diriger sur le papier, mais par une route légèrement différente, un second rayon lumineux qui, pris isolément aussi, l'aurait fortement éclairé. Les deux rayons en se mêlant semblaient devoir produire une illumination plus vive ; le doute à cet égard ne paraissait pas permis ; eh

bien ! ils se détruisent quelquefois tout à fait et l'on se trouve avoir créé les ténèbres en ajoutant de la lumière à de la lumière.

. . . . . .

Deux rayons lumineux ne pourront jamais se détruire, s'ils n'ont pas une origine commune, c'est-à-dire s'ils n'émanent pas l'un et l'autre de la même particule d'un corps incandescent. Les rayons d'un des bords du soleil n'interfèrent donc pas avec ceux qui proviennent du bord opposé ou du centre.

Parmi les mille rayons de nuances et de réfrangibilités diverses dont la lumière blanche se compose, ceux-là seulement sont susceptibles de se détruire qui possèdent des couleurs et des réfrangibilités identiques ; ainsi, de quelque *manière qu'on s'y prenne, un rayon rouge n'anéantira jamais* un rayon vert.

Quant aux rayons de même origine et de même couleur, ils se superposent constamment sans s'influencer, ils produisent des effets représentés par la somme des intensités, si au moment de leur croisement ils ont parcouru des chemins parfaitement égaux.

Une interférence ne peut donc avoir lieu que si les routes qu'ont parcouru les rayons sont inégales ; mais toute inégalité de cette espèce n'amène pas nécessairement une destruction de lumière ; il est telle différence de route qui fait que les rayons, au contraire, s'ajoutent.

Quand on connaît la plus petite différence de chemin parcouru pour laquelle deux rayons se superposent ainsi sans s'influencer, on obtient ensuite toutes les différences de chemin qui donnent le même résultat, d'une manière bien simple, car il suffit de prendre le double, le triple, le quadruple, etc., du premier nombre.

Si l'on a noté de même la plus petite différence de route qui amène la destruction complète de deux rayons, tout multiple impair de ce premier nombre sera aussi l'indice d'une pareille destruction.

Quand aux différences de route qui ne sont numériquement comprises ni dans la première, ni dans la seconde des deux séries que je viens d'indiquer, elles correspondent à des destructions partielles de lumière, à de simples affaiblissements.

Ces séries de nombres, à l'aide desquels on peut savoir si au moment de leur croisement deux rayons doivent interférer

ou seulement s'ajouter sans se nuire n'ont pas la même valeur pour les lumières diversement colorées ; les plus petits nombres correspondent aux rayons violets, indigos, bleus ; les plus grands aux rouges, orangés, jaunes et verts. Il résulte de là que si deux rayons blancs se croisent en un certain point, il sera possible que dans la série indéfinie de lumières diversement colorées dont ces rayons se composent, le rouge, par exemple, disparaisse tout seul, et que ce point de croisement paraisse vert, car le vert c'est du blanc moins le rouge.

Les interférences, qui, dans le cas d'une lumière homogène, produisaient des changements d'intensité, se manifestent donc, quand on opère avec de la lumière blanche, par des phénomènes de coloration.

Arago, *Notice biographique de Fresnel.*

LA POLARISATION

Ce n'est pas seulement par son passage au travers d'un cristal qui la divise en deux faisceaux distincts, que la lumière reçoit cette singulière modification ; elle peut encore être polarisée par la simple réflexion sur la surface des corps transparents, ainsi que Malus l'a observé le premier. Si l'on fait tomber sur une glace non étamée un faisceau de lumière directe sous une obliquité de 35° environ, comptés à partir de la surface, et qu'on place un rhomboïde de spath calcaire sur le trajet du rayon réfléchi, on remarque que les deux faisceaux dans lesquels il se divise en traversant le cristal, ne sont d'égale intensité que lorsque la section principale du rhomboïde fait un angle de 45° avec le plan de réflexion, et que pour toutes les autres directions de la section principale, les intensités des images sont inégales : cette inégalité est d'autant plus sensible que la section principale s'écarte plus de l'angle de 45° ; et enfin, lorsqu'elle est parallèle ou perpendiculaire au plan d'incidence, l'une des deux images s'évanouit : c'est l'image extraordinaire dans le premier cas, et l'image ordinaire dans le second. On voit que la lumière réfléchie sur le verre, sous l'inclinaison de 35°, se comporte précisément comme le faisceau ordinaire sorti d'un rhomboïde dont la section principale aurait été dirigée dans le plan de réflexion. On dit du faisceau réfléchi qu'*il est polarisé dans le plan de réflexion,* et pareillement du faisceau ordinaire sorti d'un

rhomboïde de spath calcaire, qu'il est polarisé dans le plan de la section principale de ce cristal ; on doit donc dire aussi que le faisceau extraordinaire est polarisé perpendiculairement à la section principale : puisqu'il présente dans ce sens les mêmes propriétés que le faisceau ordinaire dans le plan de la section principale.

La polarisation complète de lumière s'opère par réflexion à la surface de l'eau sous l'inclinaison de 37°, et, en général, à la surface des corps transparents sous une incidence telle que le rayon réfléchi soit perpendiculaire au rayon réfracté. . . .

Sous les autres incidences, la polarisation n'est que partielle, c'est-à-dire qu'en faisant tourner le rhomboïde on ne voit jamais disparaître une image. Elles passent bien, à la vérité, par des degrés différents de clarté ; mais leurs *minima* d'intensité, qui répondent toujours aux mêmes directions de la section principale, ne sont plus égaux à zéro. Enfin, lorsque les rayons incidents sont perpendiculaires ou presque parallèles à la surface, la lumière réfléchie ne présente plus aucune trace de polarisation, c'est-à-dire que les deux images sont toujours d'égale intensité dans toutes les positions du rhomboïde.

Plusieurs corps opaques qui ne sont pas trop réfringents, tels que le marbre, les vernis noirs, etc. peuvent imprimer aussi une polarisation complète aux rayons qu'ils réfléchissent régulièrement sur leur surface ; tandis que d'autres corps parfaitement diaphanes ou demi-transparents, mais très réfringents, tels que le diamant ou le verre d'antimoine, ne la polarisent jamais parfaitement. Mais ce sont surtout les métaux qui polarisent le moins la lumière qu'ils réfléchissent, même sous les incidences les plus favorables. Il est à remarquer que les incidences qui répondent au maximum de polarisation se rapprochent d'autant plus de la surface que le corps réfléchissant est plus réfringent, autant qu'on en peut juger du moins par l'abondance de la lumière qu'il réfléchit, quand il est tout à fait opaque comme les métaux.

Les corps transparents ne polarisent pas seulement la lumière par réflexion, ils la polarisent encore par réfraction, et d'autant plus que leur surface est plus inclinée relativement aux rayons ; mais elle n'est jamais complètement polarisée de cette manière, à moins qu'on ne lui fasse traverser successivement plusieurs plaques parallèles : il en faut d'autant plus qu'elles sont moins inclinées sur les rayons incidents. Malus,

auquel on doit encore la découverte de ce mode de polarisation, montra que les rayons transmis étaient polarisés dans un sens perpendiculaire à celui des rayons réfléchis; ainsi, les premiers étant polarisés suivant le plan d'incidence, les seconds le sont perpendiculairement à ce plan. M. Arago a reconnu, par des expériences ingénieuses qui lui fournissaient des moyens d'observation très précis, que la quantité de lumière polarisée par réflexion sur la surface est toujours égale à celle qui se polarise par réfraction. On peut généraliser l'énoncé de ce principe remarquable, et dire que, toutes les fois que la lumière se divise en deux faisceaux (sans qu'il y ait absorption), la même quantité de lumière polarisée dans l'un se retrouve dans l'autre polarisée suivant une direction perpendiculaire.

FRESNEL.

LA CONSERVATION DE LA MATIÈRE ET DE LA FORCE

Lavoisier, étudiant ces actions chimiques, la balance à la main, a prouvé . . . que dans chacune d'elles le poids des substances produites est égal au poids des substances employées. Acceptons comme une vérité philosophique cette découverte de son génie: la matière est pesante, l'homme n'a jamais rien créé ni rien détruit, qui fût pesant; dans la nature, depuis que l'univers a reçu sa forme actuelle, rien ne se perd, rien ne se crée de ce qui est pesant; la matière se déplace, change d'aspect ou d'état; elle ne périt pas. En serait-il de même à l'égard de la force? Tout en restant impondérable, serait-elle de même changeante dans ses manifestations, perpétuelle dans son activité? L'homme impuissant à créer la matière serait-il également impuissant à créer la force? Auguste de la Rive[1] a contribué, pour une large part, à prouver qu'il en est ainsi, et il a su conduire, jusqu'à ses plus hautes conséquences philosophiques, la plus humble des expériences de laboratoire, celle de Galvani.[2] Deux lames, l'une de zinc, l'autre de cuivre, unies par une de leurs extrémités, font naître des sensations, lorsqu'on touche un organe avec leurs deux extrémités libres: la langue perçoit

[1] Physicien suisse (1801–1871). [2] Physicien italien (1737–1798).

une saveur ; l'œil est traversé par des éclairs ; l'oreille entend bruire des sons, les muscles sont agités de convulsions. En augmentant le nombre de ces couples métalliques, en étendant leur surface et en les plongeant dans un liquide salé ou acide, Volta avait construit sa célèbre pile, d'où il a surgi une chaleur et une lumière comparables à celle du soleil, une puissance chimique supérieure à celle des volcans, un magnétisme égal à celui de la terre et des phénomènes physiologiques considérés, jusqu'alors, comme propres aux seules manifestations de la vie. Fallait-il admettre que tous ces effets naissent de rien, et que les deux métaux qui les avaient produits conservaient sans changements leur nature, leur poids et toutes leurs qualités ?

. . . . . .

Il ne se manifeste point d'électricité, si l'un des deux métaux n'est rongé, c'est-à-dire s'il ne subit une véritable action chimique. Le courant électrique est peu sensible, quand l'action chimique est faible ; intense, lorsqu'elle est puissante. Le circuit électrique part du métal attaqué et revient vers l'autre. Les deux métaux sont-ils attaqués à la fois, le mouvement électrique part de celui qui l'est le plus vivement. Changez la nature du milieu, et vous renversez, à volonté, l'action chimique et le sens du courant. Cette dernière expérience est décisive. Si le contact de deux métaux différents suffisait pour créer le courant électrique, celui-ci devrait toujours marcher dans le même sens. Si ce courant est le résultat d'une action chimique, il doit, au contraire, marcher tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, partant du métal attaqué et se dirigeant vers celui qui ne l'est pas ; c'est ce que constate Auguste de la Rive. Lorsqu'on inscrit l'électricité en recette, il faut donc inscrire la force chimique en dépense. On n'a rien créé ; on a transformé. Voilà la théorie de la pile. Ces vérités ont reçu des travaux de Faraday une éclatante consécration. . . .

Si le charbon qui brûle explique la force de la machine à vapeur, le zinc qui brûle explique seul la puissance de la pile de Volta. La pile ne crée pas plus l'électricité qu'elle utilise que la machine de Watt ne crée la chaleur dont elle fait emploi ; cette électricité provient tout entière du métal brûlé par les acides.

. . . . . .

La démonstration est donc complète. L'homme ne fait naître ni électricité, ni magnétisme, ni chaleur, ni lumière ;

il tire ces forces des réservoirs qui les recèlent et où il ne les a point placées.

J. B. Dumas, *Éloge d'Auguste de la Rive.*

LA LOI DE LA COMPRESSIBILITÉ DES GAZ

Lorsqu'un gaz, renfermé dans un espace à parois mobiles, est soumis à une pression extérieure de plus en plus grande, il se réduit à un volume de plus en plus petit. Boyle[1] et Mariotte sont les premiers physiciens qui aient cherché à déterminer la loi de cette contraction.

Leurs expériences, faites sur l'air atmosphérique, les ont conduits à établir cette loi très simple . . . connue sous le nom de *loi de Mariotte*:

Les volumes d'un gaz sont inversement proportionnels aux pressions qu'il supporte; ou, en d'autres termes, *les densités d'un même gaz sont proportionnelles aux pressions.*

Depuis cette époque, un grand nombre de physiciens ont cherché à s'assurer, par l'expérience, si cette loi devait être admise comme rigoureuse pour l'air atmosphérique jusque dans les plus hautes pressions, et si elle pouvait être appliquée aux autres fluides élastiques.

. . . . . .

En résumé, les expériences les plus précises faites jusqu'à ce jour semblent démontrer, d'une manière incontestable, que jusqu'à 30 atmosphères, l'air atmosphérique suit rigoureusement la loi de Mariotte. Cependant, ce résultat me paraissait difficile à concilier avec les variations très notables que j'ai reconnues sur le coefficient de dilatation de l'air atmosphérique, suivant que cet air est soumis à des pressions plus ou moins considérables. Quelques déterminations de la densité de l'air atmosphérique, sous des pressions plus faibles que celle de l'atmosphère, augmentèrent mes inquiétudes à ce sujet. La loi de contraction des gaz est une loi fondamentale en physique; elle entre dans toutes les déterminations qui sont faites sur les gaz, et, par suite, elle domine tous les phénomènes de la chaleur. Il importe au suprême degré qu'il ne reste aucune incertitude sur cette loi. Je n'ai pas hésité à faire de nouvelles recherches sur ce sujet, malgré

[1] Physicien anglais (1627–1691).

les imposantes autorités qui s'en étaient précédemment occupées. Ces expériences ont d'ailleurs pu se faire sur une grande échelle, et à peu près sans frais, au moyen des appareils que j'avais établis pour étudier les lois des vapeurs.

. . . . . .

Il est facile d'atteindre à une grande rigueur, en disposant les appareils d'après le principe suivant :

Un tube de verre d'un diamètre intérieur de $0^m,008$ à $0^m,010$ et de 3 mètres de longueur, est placé dans une position verticale. Ce tube, fermé à son extrémité supérieure, communique, par sa partie inférieure, avec un second tube vertical, très long, destiné à contenir la colonne de mercure qui pressera l'air renfermé dans le premier tube. Sur ce premier tube on a tracé deux repères : l'un vers l'extrémité inférieure du tube, correspond au volume 1 ; le second repère correspond exactement à la moitié de la capacité du tube, depuis son extrémité supérieure jusqu'au trait du repère inférieur ; il indique, par conséquent, le volume $\frac{1}{2}$.

On remplit le volume 1 d'air sec sous la pression d'une atmosphère, puis, au moyen de mercure, on refoule cet air, de manière à lui faire occuper le volume $\frac{1}{2}$. Si la loi de Mariotte est rigoureusement exacte, on doit trouver que la force élastique du gaz est devenue 2 atmosphères.

On remplit maintenant le volume 1 d'air sous une pression de 2 atmosphères, et on le refoule dans le volume $\frac{1}{2}$; sa force élastique doit être alors de 4 atmosphères.

En remplissant le volume d'air sous la pression de 4 atmosphères, et réduisant cet air dans le volume $\frac{1}{2}$, on devra obtenir une force élastique de 8 atmosphères, et ainsi de suite.

On s'assure, par conséquent, dans cette manière d'opérer, si un volume 1 d'air sous une pression h acquiert une force élastique $2h$ lorsqu'on le réduit au volume $\frac{1}{2}$. Les volumes occupés par le gaz sont toujours très considérables, par suite susceptibles d'une mesure précise ; et, en amenant constamment les ménisques aux mêmes repères, on évite toute incertitude de graduation.

En plaçant un troisième repère correspondant au volume $\frac{1}{4}$, on peut s'assurer si un volume 1 de gaz sous une pression h acquiert une force élastique $4h$ lorsqu'on le réduit à un volume $\frac{1}{4}$.

. . . . . .

On peut conclure de là avec certitude que *l'air atmosphérique ne suit pas rigoureusement la loi de Mariotte, et qu'il*

se comprime réellement un peu plus que cela ne devrait avoir lieu d'après cette loi.

VICTOR REGNAULT.

LA DISSOCIATION ET LES CHANGEMENTS D'ÉTAT

Toutes les expériences de physique sur les changements d'état de la matière ont un grand intérêt parce qu'elles se rapportent directement au rôle que la chaleur joue le plus fréquemment dans les phénomènes naturels. Ces changements d'état sont très variés: ils sont caractérisés par des différences de densité, de forme cristalline, de couleur; par la forme solide, liquide ou gazeuse; par ce fait que des corps hétérogènes sont ou mélangés ou combinés entre eux, etc. Si on les explique, comme on le fait aujourd'hui, en admettant le mouvement des molécules matérielles ou de l'éther, par la diminution ou l'augmentation des forces vives ou du travail dont ces molécules sont capables, si l'on tient compte des idées si nettement introduites par M. Macquorn Rankine dans la thermodynamique, on voit qu'il est fort utile de décomposer l'énergie potentielle correspondant aux changements d'état en autant de travaux partiels qu'il y a de phénomènes particuliers correspondant au phénomène total que cette énergie accuse ou détermine.

Je choisirai un exemple fort intéressant pour faire voir combien ces termes, dans lesquels on peut décomposer l'énergie potentielle, sont nombreux et variés.

Je suppose que vous preniez de l'iode et du mercure tous les deux à zéro degré, et que vous les combiniez en les mettant simplement en contact, il se dégagera de la chaleur que vous pourrez recueillir dans un calorimètre de glace, jusqu'à ce que l'iodure de mercure formé soit ramené à zéro degré.

Le poids de la glace fondue multiplié par 80 calories, exprimera la chaleur sensible de combinaison de l'iode et du mercure à zéro degré. L'iode et le mercure auront emprunté à eux-mêmes la chaleur transmise à la glace, de la même manière que la vapeur qui se condense, et l'eau qui se congèle cèdent, en l'empruntant à eux-mêmes, la chaleur qu'ils communiquent aux corps voisins. C'est ainsi que ces différents

changements d'état, caractérisés physiquement par une perte de chaleur latente (qui devient sensible), peuvent être rapprochés très intimement; le passage du mélange à la combinaison, le passage de l'état gazeux à l'état liquide, de l'état liquide à l'état solide, ayant, comme on le voit, des analogies très prochaines.

Lorsque l'iode et le mercure se combinent dans un calorimètre qui les refroidit constamment, malgré le développement de la chaleur de combinaison, il est difficile de constater les effets que produit cette chaleur sur l'iodure de mercure. Il est donc utile d'étudier le phénomène inverse, la décomposition de l'iodure de mercure, pour constater, comme l'a fait M. Rankine, les diverses manifestations dont se compose l'*énergie potentielle qui en est la somme.*

Je rappellerai, dans ce court article, les analogies que j'ai établies entre les phénomènes de la décomposition des corps complexes et les phénomènes de la vaporisation des liquides. Ils sont continus les uns comme les autres, et cette continuité dans la décomposition de certains corps constitue la dissociation, en tout comparable à la vaporisation.

Si l'on échauffe lentement de l'iodure de mercure, le premier effet qu'il subit est un changement de forme cristalline et de couleur. L'iodure rouge devient jaune, puis il fond, il entre en ébullition; enfin la vapeur se décompose d'abord partiellement, ensuite complètement: l'iode et le mercure se séparent. Si l'on trouve alors le moyen d'isoler par un procédé mécanique les deux corps simples, ce qu'il est facile au moins d'imaginer, par exemple par diffusion, on pourra les ramener isolément à la température de zéro degré.

La différence entre les quantités de chaleur empruntées par l'iodure à la source que l'on a employée et celles que l'iode et le mercure ont cédées à un calorimètre de glace, au moyen duquel on les refroidit, constitue la chaleur de décomposition à zéro de l'iodure de mercure. Le travail correspondant sera l'énergie potentielle dépensée par le fait de la combinaison.

On peut voir de suite combien cette énergie contient de termes différents:

1° L'iodure change de forme et de couleur: travail dont le signe et la valeur peuvent être déterminés;

2° Il fond: travail correspondant à la chaleur latente;

3° Il se vaporise: travail du même genre;

4° Il se décompose, et chacune des parties qui se séparent absorbe de la chaleur pour se constituer à l'état d'un mélange de corps simples : chaleur de combinaison relative à la température où la décomposition s'effectue et travail correspondant ;

5° Travail de la pression correspondant à l'augmentation de volume que prend l'iodure en parcourant toutes ces phases diverses sous la pression de l'atmosphère ;

6° Travail intérieur de force vive proportionnelle à la température nécessaire à l'opération.

Quand l'iode et le mercure séparés sont ramenés à zéro degré dans le calorimètre imaginaire où je les suppose transportés, ils reviennent à leur température en produisant un *travail de sens contraire au premier, et dont la décomposition* en termes du même genre est très facile à effectuer.

Ces phénomènes et le fait de la dissociation peuvent être mis en évidence par une expérience très facile à effectuer.

On prend un ballon à densité de vapeur, très propre, et porté au rouge sombre pour y détruire toutes les poussières adhérentes aux parois. Dans ce ballon refroidi, on introduit une petite quantité d'iodure de mercure rouge distillé et on chauffe très lentement à la flamme d'un bec de Bunsen de grande dimension, le ballon qu'on tourne constamment entre ses doigts en le tenant par le col allongé.

L'iodure rouge devient jaune, fond en un liquide brun, se volatilise en donnant une vapeur incolore, et, si l'on continue à chauffer, on aperçoit bientôt la couleur violette et caractéristique de l'iode, qui indique une décomposition seulement partielle aux grandes températures que le verre peut supporter. On démontre que cette décomposition n'est que partielle en faisant chauffer en même temps, dans un ballon semblable et sur une lampe de Bunsen de même dimension, une quantité équivalente d'iode, dont la couleur violette et fort intense donne une mesure approchée du phénomène de décomposition qui s'est produit dans le ballon voisin.

Quant à celui-ci, c'est-à-dire celui qui contient l'iodure de mercure dissocié, on le retire de la flamme et on le laisse refroidir. Peu à peu la teinte violette disparaît ; l'iode et le mercure se recombinent, la vapeur devient incolore, puis se condense lentement en un liquide brun qui se solidifie en cristaux d'un beau jaune. En laissant tomber sur cette matière jaune un cristal d'iodure rouge, et en agitant, la transformation s'effectue brusquement, et l'iodure jaune prend

rapidement la teinte rouge qui correspond à son état définitif à la température ordinaire.

C'est une charmante expérience, que je recommande aux professeurs qui veulent donner à leurs élèves une représentation frappante des changements d'état les plus variés qu'un corps puisse affecter sous l'influence de la chaleur et du phénomène de la dissociation.

SAINTE-CLAIRE-DEVILLE.

LE FER ET LA FONTE

Le but que nous nous proposons n'est pas d'indiquer quelle est la méthode préférable à adopter lorsqu'on veut élever un établissement; on sait que rarement on a ce choix à faire, l'abondance du charbon de bois ou de la houille ayant résolu d'avance cette question; nous désirons seulement établir que dans l'introduction des procédés anglais en France, il est à propos de leur donner d'abord la préférence dans l'affinage du fer et de réserver par ce moyen le charbon de bois pour produire la fonte.

La position relative des mines de houille et de fer en France, l'extrême différence qui existe entre les rapports du prix de la fonte à celui du fer, dans le travail à la houille et dans le travail au charbon de bois, enfin la qualité des fers que le commerce a l'habitude de consommer en France, sont les seuls motifs sur lesquels notre opinion est basée.

Nous avons vu qu'en Angleterre les minerais de fer et la houille appartiennent aux mêmes terrains et que les hauts fourneaux étaient élevés au centre des exploitations. Jusqu'à présent nos houillères n'ont fourni qu'une quantité de fer carboné, insuffisante pour entretenir une grande usine, et les gîtes de minerai, ordinairement exploités en France, sont situés à une assez grande distance des bassins houillers: il faut en excepter les minières d'Alais, de Firminy et de Decazeville.

. . . . . .

L'avenir le plus prochain et le plus avantageux des usines à fer en France serait dans la destruction d'une grande partie des anciens feux d'affinement et leur remplacement par des forges anglaises, établies sur les bassins houillers, voisins des canaux, des rivières ou des chemins de fer.

La destruction d'une partie des foyers d'affinement permettrait de doubler la production de la fonte au bois. . . .

Enfin, l'établissement de forges anglaises en France, et l'exploitation des mines de houille, amèneront nécessairement une baisse dans le prix des bois, et par suite la substitution des fontes au bois aux fontes au coke dans ces établissements offrira de nouveaux avantages.

En comparant les détails des comptes que nous avons présentés pour construire une usine anglaise, avec le relevé des frais qu'occasionne un établissement semblable sur le continent, on pourra juger en quoi consiste la différence entre les dépenses d'une usine à créer en Angleterre ou dans un autre pays; on verra jusqu'à quel point il convient d'acheter des machines en Angleterre et d'en supporter les frais de transport et les droits d'entrée. Les fabricants du continent pourront ainsi se faire une idée des avantages avec lesquels ils peuvent lutter contre les forges de la Grande-Bretagne, sous la protection d'un droit déterminé.

Les prix de fabrication ont leur limite inférieure dans le prix de la main-d'œuvre, et celui-ci, comme on le sait, n'est altéré que par un concours de circonstances que des événements extraordinaires ou passagers, ou une longue série d'années peuvent seuls amener. Il paraît aujourd'hui, en Angleterre, surtout dans le Staffordshire, qu'on a à peu près atteint cette limite inférieure; le grand nombre d'usines en chomage l'atteste. Il est vrai que l'on peut aussi attribuer cette stagnation du commerce du fer, au manque de débouchés. Il ne nous semble pas probable cependant que, lors même que l'on ouvrirait de nouveaux marchés au débit de ces produits, les maîtres de forges anglais, ou du moins ceux de Staffordshire, pussent, tout en remettant en activité leurs usines aujourd'hui arrêtées, supporter encore une baisse de quelque importance dans les prix de vente. Il n'en serait peut-être pas de même dans le pays de Galles.

Nous avons déjà dit que dans l'introduction du procédé anglais en France, il serait à propos de donner d'abord la préférence à l'emploi de la houille dans l'affinage du fer, et de réserver par ce moyen le charbon de bois pour produire de la fonte.

Malgré le capital énorme que nécessitent l'érection et le roulement d'une forge à l'anglaise, l'établissement d'usines de ce genre apporte une économie considérable dans la trans-

formation de la fonte en fer. . . . Espérons qu'elle (cette vérité) sera bientôt reconnue universellement, et que la substitution de fours à réverbère chauffés avec de la houille, à nos forges actuelles, devenant générale, la plus grande partie de l'immense quantité de charbon de bois que celles-ci consomment aujourd'hui, pourra être consacrée à la production de la fonte, dont l'accroissement devra doubler. Nous serions heureux si nous pouvions penser que notre travail contribuera pour quelque chose à l'introduction des améliorations que réclame chez nous cette branche d'industrie.

Élie de Beaumont, *Voyage métallurgique en Angleterre.*

LA STATIQUE ET LA DYNAMIQUE

La Statique est la science de l'équilibre des forces. On entend, en général, par *force* ou *puissance* la cause, quelle qu'elle soit, qui imprime ou tend à imprimer du mouvement au corps auquel on la suppose appliquée, et c'est aussi par la quantité du mouvement imprimé ou prêt à imprimer, que la force ou puissance doit s'estimer. Dans l'état d'équilibre, la force n'a pas d'exercice actuel; elle ne produit qu'une simple tendance au mouvement, mais on doit toujours la mesurer par l'effet qu'elle produirait si elle n'était pas arrêtée. En prenant une force quelconque ou son effet pour l'unité, l'expression de toute autre force n'est plus qu'un rapport, une quantité mathématique, qui peut être représentée par des nombres ou des lignes; c'est sous ce point de vue que l'on doit considérer les forces dans la Mécanique.

L'équilibre résulte de la destruction de plusieurs forces qui se combattent et qui anéantissent réciproquement l'action qu'elles exercent les unes sur les autres; et le but de la Statique est de donner les lois suivant lesquelles cette destruction s'opère. Ces lois sont fondées sur des principes généraux qu'on peut réduire à trois: celui du *levier*, celui de la *composition des forces*, et celui des *vitesses virtuelles.*

Archimède, le seul parmi les anciens qui nous ait laissé une théorie de l'équilibre . . . est l'auteur du principe du levier, lequel consiste, comme le savent tous les mécaniciens, en ce que si un levier droit est chargé de deux poids quelconques placés de part et d'autre du point d'appui, à des distances de ce point réciproquement proportionnelles aux

mêmes poids, ce levier sera en équilibre, et son appui sera chargé de la somme des deux poids.

. . . . . .

Le second principe fondamental de la Statique est celui de la composition des forces. Il est fondé sur cette supposition : que si deux forces agissent à la fois sur un corps suivant différentes directions, ces forces équivalent alors à une force unique, capable d'imprimer au corps le même mouvement que lui donneraient les deux forces agissant séparément. Or un corps qu'on fait mouvoir uniformément suivant deux directions différentes à la fois, parcourt nécessairement la diagonale du parallélogramme dont il eût parcouru séparément les côtés en vertu de chacun des deux mouvements. D'où l'on conclut que deux puissances quelconques, qui agissent ensemble sur un même corps, sont équivalentes à une seule représentée, dans sa quantité et sa direction, par la diagonale du parallélogramme dont les côtés représentent en particulier les quantités et les directions des deux puissances données.

. . . . . .

Les anciens ont connu la composition des mouvements, comme on le voit par quelques passages d'Aristote, dans ses Questions mécaniques.

. . . . . .

Je viens enfin au troisième principe, celui des vitesses virtuelles. On doit entendre par *vitesse virtuelle* celle qu'un corps en équilibre est disposé à recevoir, en cas que l'équilibre vienne à être rompu, c'est-à-dire la vitesse que ce corps prendrait réellement dans le premier instant de son mouvement ; et le principe dont il s'agit consiste en ce que des puissances sont en équilibre quand elles sont en raison inverse de leurs vitesses virtuelles, estimées suivant les directions de ces puissances.

Pour peu qu'on examine les conditions de l'équilibre dans le levier et les autres machines, il est facile de reconnaître cette loi, que le poids et la puissance sont toujours en raison inverse des espaces que l'un et l'autre peuvent parcourir en même temps : cependant il ne paraît pas que les Anciens en aient eu connaissance. . . .

La Dynamique est la science des forces accélératrices ou retardatrices et des mouvements variés qu'elles doivent produire. Cette science est due entièrement aux modernes et Galilée est celui qui en a jeté les premiers fondements. Avant lui on n'avait considéré les forces qui agissent sur les

corps que dans l'état d'équilibre; et quoiqu'on ne pût attribuer l'accélération des corps pesants et le mouvement curviligne des projectiles qu'à l'action constante de la gravité, personne n'avait encore réussi à déterminer les lois de ces phénomènes journaliers, d'après une cause si simple. Galilée a fait le premier ce pas important. . . . Cette découverte ne lui procura pas, de son vivant, autant de célébrité que celles qu'il avait faites dans le ciel; mais elle fait aujourd'hui la partie la plus solide et la plus réelle de la gloire de ce grand homme.

. . . . . .

Une méthode réduit toutes les lois du mouvement des corps à celle de leur équilibre et ramène ainsi la Dynamique *à la Statique*.

Si l'on imprime à plusieurs corps des mouvements qu'ils soient forcés de changer à cause de leur action mutuelle, il est clair qu'on peut regarder ces mouvements comme composés de ceux que les corps prendront réellement, et d'autres mouvements qui sont détruits; d'où il suit que ces derniers doivent être tels que les corps animés de ces seuls mouvements se fassent équilibre.

Tel est le principe que d'Alembert a donné dans son *Traité de Dynamique*. . . . Il ne fournit pas immédiatement les équations nécessaires pour la solution des problèmes de Dynamique, mais il apprend à les déduire des conditions de l'équilibre. . . .

. . . . . .

Dans la première partie de cet ouvrage, nous avons réduit toute la Statique à une seule formule générale qui donne les lois de l'équilibre d'un système quelconque de corps tiré par tant de forces qu'on voudra. On pourra donc aussi réduire à une formule générale toute la Dynamique; car, pour appliquer au mouvement d'un système de corps la formule de son équilibre, il suffira d'y introduire les forces qui proviennent des variations du mouvement de chaque corps, et qui doivent être détruites. Le développement de cette formule, en ayant égard aux conditions dépendantes de la nature du système, donnera toutes les équations nécessaires pour la détermination du mouvement de chaque corps, et il n'y aura plus qu'à intégrer ces équations, ce qui est l'affaire de l'Analyse.

LAGRANGE, *Mécanique analytique.*

LA GUÉRISON DES ACIERS CASSANTS

Les séances de l'Association anglaise Iron and Steel Institute donnent lieu chaque année à des communications des plus intéressantes, où des spécialistes, des métallurgistes, viennent faire connaître les résultats de leurs recherches théoriques ou pratiques. Une de ces communications, due à MM. Stead et Richards, aura les conséquences les plus importantes, si on peut la mettre en pratique sous une forme vraiment industrielle.

La découverte de MM. Stead et Richards est d'une extrême simplicité, et concerne les aciers qui ont été détériorés, brûlés, rendus cassants en cours de fabrication. Les grosses masses d'acier qui doivent subir des opérations de forage ou des passages au laminoir, sont mises à chauffer dans un four à réchauffer, avant que de subir ces opérations. Et il est essentiel qu'elles soient élevées à une certaine température, mais point trop haute, car autrement elles seraient, comme on dit, brûlées, et ce métal brûlé a ses propriétés tellement modifiées, que souvent il se brise en morceaux, par exemple au passage entre les cylindres du laminoir. On s'accorde généralement à reconnaître que la température favorable qu'il faut atteindre, mais non point dépasser, est de 1200° C. Or, MM. Stead et Richards ont constaté que l'acier qui a été rendu inutilisable par un surchauffage et cristallisé en même temps que "brûlé," peut non seulement être ramené à son état premier, mais encore considérablement amélioré par rapport à cet état, grâce au traitement par eux imaginé, et qui consiste à chauffer cet acier, après refroidissement, jusque vers 850 ou 900° C. Il ne faut pas toutefois qu'on dépasse cette dernière température. Bien plus, ce traitement réussirait parfaitement pour guérir, si l'on veut nous passer le mot, les aciers qui se sont cristallisés par l'usage, et, après l'opération, ils sont supérieurs même à ce qu'ils étaient au sortir du forgeage. On sait que celui-ci a précisément pour but de faire disparaître la structure cristalline ; et, quand on se trouve en présence d'un métal qui a repris cette structure à la suite d'un usage plus ou moins prolongé, on ne disposait pas jusqu'ici d'un autre moyen que le reforgeage pour ramener ce métal à une fine texture. MM. Stead et Richards affirment que leur méthode a le même avantage, et que, de plus, elle augmente de façon fort sensible la résistance à l'allongement, souvent dans une proportion de 100 pour 100. Et notons

que les inventeurs ne s'occupent point des aciers doux, mais bien des aciers de la qualité requise pour faire, par exemple, des arbres de manivelles.

La Nature.

NOUVEAUX APPAREILS AÉROSTATIQUES

M. Henri Hervé vient d'achever la construction des nouveaux appareils qu'il doit prochainement expérimenter, sur le ballon sphérique "le Méditerranéen," en collaboration avec le comte de la Vaulx. Ce qui caractérise ces nouveaux appareils, c'est l'organisation d'une force motrice, capable non seulement d'actionner par une transmission souple les treuils servant à manœuvrer les stabilisateurs et les déviateurs, mais de mettre en mouvement un propulseur, et d'augmenter ainsi considérablement la déviation sur la route du vent.

Ce propulseur dit lamellaire est d'un type tout nouveau. C'est une hélice à deux branches, chaque branche portant deux lames placées en persienne l'une derrière l'autre, ce qui permet de doubler la surface alaire sans accroître la largeur des pôles. En outre, des cloisons ou entretoises transversales, espacées de $0^m,70$ sur la longueur de l'aile, relient les deux lames de la persienne et constituent un corps tubulaire extrêmement solide. Grâce à ce dispositif, les parois peuvent être réduites à une mince tôle d'aluminium entrant dans l'air par la tranche et provoquant ainsi le minimum de résistance.

L'hélice seule ne pèse que 80 kg. et 105 kg. avec l'arbre, la roue de transmission et le frein. Son pas est de $2^m,63$ par tour ; son envergure n'a pas moins de $7^m,30$. La longueur active de l'aile est de $2^m,40$ avec une largeur moyenne de $0^m,40$. Elle tourne à 132 révolutions par minute, absorbant une puissance de 18 chevaux sur son arbre. La poussée au point fixe (l'inclinaison des pôles étant d'ailleurs réglée pour le rendement le meilleur dans ce cas) atteint 180 kg. Les appareils moteurs sont montés sur un cadre articulé, en dehors de la nacelle et du même côté que l'hélice. Leur poids est équilibré par celui des appareils de stabilisation et de dérives installés du côté opposé. Le refroidissement du moteur est l'objet d'une disposition originale et ingénieuse. Il se fait à la fois par circulation d'eau et par un radiateur de surface ; mais l'air, qui a traversé le radiateur et est porté à une tempéra-

ture élevée, peut être à volonté envoyé par le ventilateur dans le ballonnet compensateur. On a ainsi le moyen de remplir celui-ci d'air chaud plus léger que l'air ambiant capable par conséquent de compenser jusqu'à un certain point les pertes de force ascensionnelle. Ainsi se poursuit très méthodiquement le programme d'expériences que se sont proposé MM. de la Vaulx et Hervé, avec un très louable souci scientifique. On peut donc espérer que, avec ces dispositifs perfectionnés, MM. de la Vaulx et Hervé parviendront à lutter contre le vent dans d'assez larges limites.

L^t-colonel G. Espitallier, *La Nature.*

LE MIRAGE

Telle est la cause d'un phénomène très curieux qui est connu des marins sous le nom de *mirage*, et que l'armée française a eu plusieurs fois l'occasion d'observer dans l'expédition d'Égypte. Le terrain de la basse Égypte est une vaste plaine horizontale; son uniformité n'est interrompue que par quelques éminences sur lesquelles sont situés les villages, qui, par ce moyen, se trouvent à l'abri de l'inondation du Nil. Le soir et le matin, l'aspect du pays est tel que le comportent la disposition réelle des objets et leur éloignement; mais lorsque la surface du sol s'est échauffée par la présence du soleil, le terrain semble terminé, à une certaine distance, par une inondation générale; les villages qui se trouvent au delà paraissent comme des îles situées au milieu d'un grand lac. Sous chaque village, on voit son image renversée, comme elle paraîtrait effectivement dans l'eau. A mesure que l'on approche, les limites de cette inondation apparente s'éloignent; le lac imaginaire qui semblait entourer le village se retire; enfin il disparaît entièrement, et l'illusion se reproduit pour un autre village plus éloigné. Ainsi, tout concourt à compléter une illusion qui est quelquefois cruelle, surtout dans le désert, parce qu'elle présente vainement l'image de l'eau dans le temps même où l'on en aurait le plus grand besoin.

On observe à peu près la même chose à la mer, dans des temps très calmes. Un navire vu dans le lointain et à l'horizon offre quelquefois deux images, l'une directe, l'autre renversée: celle-ci absolument pareille à l'autre, souvent égale en intensité, en un mot, parfaitement semblable à l'effet de la réflexion

dans un miroir. De là est venu le nom de *mirage*, que les marins ont donné à ce phénomène. Comme il est produit par la différence des températures de l'eau et de l'air, il se montre ordinairement dans les changements subits de température, la densité de la mer ne permettant pas à sa surface de partager ces variations aussi vite que l'atmosphère. Mais, d'un autre côté, la température des eaux et l'évaporation qui se fait continuellement à leur surface s'opposent à ce qu'elles prennent une température aussi élevée que la surface sablonneuse d'un terrain aride. Par ces raisons, le phénomène des doubles images se montre plus rarement à la mer, et y dure peu, au lieu qu'il est journalier en Égypte et sur quelques plaines sablonneuses, où les mêmes circonstances se reproduisent presque tous les jours aux mêmes hauteurs du soleil.

MONGE, *Météorologie de l'Égypte.*

L'AGRANDISSEMENT APPARENT DES ASTRES

À L'HORIZON

C'est un fait d'observation courante que le soleil et la lune paraissent bien plus grands lorsqu'ils sont près de l'horizon que lorsqu'ils sont très hauts dans le ciel. De nombreuses explications ont été proposées pour ce fait. Voici celle émise par M. Robert Mayr. Lorsque nous observons des objets éloignés, nous n'avons pas conscience de la faiblesse de l'angle sous lequel nous les voyons, et nous les croyons bien plus élevés qu'ils ne le sont en réalité. C'est d'ailleurs pour cela qu'on a tant de désillusions avec la photographie, un paysage dont les lointains sont très accidentés paraissant à peu près plat sur la plaque sensible. C'est que l'objectif nous donne les grandeurs angulaires réelles des objets éloignés sans tenir compte de l'exagération psychique de notre œil.

Si l'on regarde, au contraire, des objets éloignés dans des conditions inaccoutumées, notre jugement est en défaut, la petitesse de l'angle d'observation devient sensible et les objets paraissent beaucoup plus petits. C'est ce qui arrive, par exemple, lorsqu'on examine un paysage avec la tête penchée de côté ou bien en la laissant pendre entre les jambes. Les couleurs deviennent beaucoup plus nettes, mais le paysage paraît plat comme un tableau.

Nous pouvons appliquer ces données au soleil et à la lune. Lorsque nous voyons ces astres à l'horizon, nous les situons instinctivement à une distance donnée, et nous jugeons de leur grandeur comme nous le faisons de celle des objets placés à cette distance, c'est-à-dire en l'exagérant. Mais lorsque ces astres sont élevés dans le ciel, nous les voyons dans des conditions inaccoutumées, sans points de repère, à une distance indéfinissable. Par suite l'exagération de notre estimation disparaît et ces astres nous paraissent plus petits.

L'angle sous lequel nous voyons le soleil ou la lune est égal à environ $\frac{1}{2}$ degré. Le calcul montre que c'est l'angle sous lequel nous voyons une tour de 44 mètres de hauteur éloignée de 5 km. ou de 88 mètres située à 10 km. Ainsi, par comparaison avec des objets terrestres connus, les astres à l'horizon nous paraîtront très grands. D'ailleurs, l'erreur dépend en grande partie de l'état de l'atmosphère. Elle est au maximum lorsque celle-ci est trouble et brumeuse. Elle donne alors à la lune une teinte rougeâtre, tandis que lorsque cet astre a tout son éclat, il diffère trop des objets terrestres accoutumés pour que la comparaison instinctive se fasse; il nous paraît alors moins grand. Le même raisonnement s'applique *a fortiori* au soleil. Par un temps brumeux les astres paraissent aussi plus rapprochés, ce qui semble tenir à leur teinte rougeâtre, le rouge exigeant un plus grand effort d'accommodation pour réunir sur la rétine ses radiations peu réfrangibles.

Il n'est d'ailleurs pas nécessaire qu'il y ait des objets terrestres auxquels nous puissions directement comparer le diamètre apparent du soleil ou de la lune. L'erreur d'appréciation est simplement de même sens que pour les objets terrestres situés à l'horizon, mais se produit également en l'absence de points de comparaison, par exemple sur un horizon de mer. Il est à noter que les constellations subissent le même agrandissement apparent en approchant de l'horizon et que souvent les deux parties inférieures de l'arc-en-ciel paraissent élargies. En somme, nous avons affaire à un phénomène tout à fait général s'appliquant aussi bien aux objets terrestres qu'aux corps célestes : dans tous les cas l'erreur consiste en une estimation exagérée de la grandeur des objets placés à l'horizon.

L. Laloy, *La Nature.*

LA MUSE DU CIEL

Oh ! fit-elle, tu vas te réveiller sur la Terre, tu admireras encore, et légitimement, la science de tes maîtres ; mais sache-le bien, l'astronomie actuelle de vos écoles et de vos observatoires, l'astronomie mathématique, la belle science des Newton, des Laplace, des Le Verrier, n'est pas encore la science définitive.

“ Ce n'est point là, ô mon fils, le but que je poursuis depuis les jours d'Hipparque et de Ptolémée. Regarde ces millions de soleils, analogues à celui qui fait vivre la Terre, et comme lui sources de mouvement, d'activité et de splendeur ; eh bien, voilà l'objet de la science à venir : l'étude de *la vie universelle et éternelle.* Jusqu'à ce jour, on n'a pas pénétré dans le temple. Les chiffres ne sont pas un but, mais un moyen ; ils ne représentent pas l'édifice de la nature, mais les méthodes, les échafaudages. Tu vas assister à l'aurore d'un jour nouveau. L'astronomie mathématique va faire place à l'astronomie physique à la véritable étude de la nature.

“ Oui, ajouta-t-elle, les astronomes qui calculent les mouvements apparents des astres dans leurs passages de chaque jour au méridien, ceux qui annoncent l'arrivée des éclipses, des phénomènes célestes, des comètes périodiques, ceux qui observent avec tant de soin les positions précises des étoiles et des planètes aux divers degrés de la sphère céleste, ceux qui découvrent des comètes, des planètes, des satellites, des étoiles variables, ceux qui recherchent et déterminent les perturbations apportées aux mouvements de la Terre par l'attraction de la Lune et des planètes, ceux qui consacrent leurs veilles à découvrir les éléments fondamentaux du système du monde, tous, observateurs ou calculateurs, sont des préparateurs de matériaux, des précurseurs de l'astronomie nouvelle. Ce sont là d'immenses travaux, des labeurs dignes d'admiration et de transcendantes œuvres, qui mettent en lumière les plus hautes facultés de l'esprit humain. Mais c'est l'armée du passé : mathématiciens et géomètres. Désormais le cœur des savants va battre pour une conquête plus noble encore. Tous ces grands esprits, en étudiant le ciel, ne sont, en réalité, pas sortis de la Terre. Le but de l'Astronomie n'est pas de nous montrer la position apparente de points brillants et de peser des pierres en mouvement dans l'espace, ni de nous faire connaître d'avance les éclipses, les

phases de la Lune ou des marées. Tout cela est beau, mais insuffisant.

"Si la vie n'existait pas sur la Terre, cette planète serait absolument dépourvue d'intérêt pour quelque esprit que ce fût, et l'on peut appliquer la même réflexion à tous les mondes qui gravitent autour des milliards de soleils dans les profondeurs de l'immensité. La vie est le but de la création tout entière. S'il n'y avait ni vie ni pensée, tout cela serait comme nul et non avenu. La création, c'est un poème dont chaque lettre est un soleil.

"La durée de l'existence de la Terre sera beaucoup plus longue—peut-être dix fois plus longue—que celle de sa période vitale humaine. Sur une dizaine de mondes pris au hasard dans l'immensité, nous pourrions, par exemple, suivant les cas, en trouver à peine un actuellement habité par une race intelligente. Les uns l'ont été jadis; d'autres le seront dans l'avenir; ceux-ci sont en préparation, ceux-là ont parcouru toutes leurs phases; ici des berceaux, là-bas des tombes; et puis, une variété infinie se révèle dans les manifestations des forces de la nature, la vie terrestre n'étant en aucune façon le type de la vie extra-terrestre. Des êtres peuvent vivre, penser, en des organisations toutes différentes de celles que vous connaissez sur votre planète. Les habitants des autres mondes n'ont ni votre forme ni vos sens. Ils sont autres.

"Le jour viendra, et très prochainement, puisque tu es appelé à le voir, où cette étude des conditions de la vie dans les diverses provinces de l'univers, sera l'objet essentiel—et le grand charme—de l'Astronomie. Bientôt, au lieu de s'occuper simplement de la masse matérielle de vos planètes voisines, par exemple, les astronomes découvriront leur constitution physique, leurs aspects géographiques, leur climatologie, leur météorologie, pénétreront le mystère de leur organisation vitale et discuteront sur leur habitants. Ils trouveront que Mars et Vénus sont actuellement peuplés d'êtres pensants, que Jupiter en est encore à sa période primaire de préparation organique, que Saturne plane en des conditions toutes différentes de celles qui ont présidé à l'établissement de la vie terrestre et, sans jamais passer par un état analogue à celui de la Terre, sera habité par des êtres incompatibles avec les organismes terrestres. De nouvelles méthodes feront connaître la constitution physique et chimique des astres, la nature des atmosphères. Des instruments perfectionnés per-

mettront même de découvrir les témoignages directs de l'existence de ces humanités planétaires et de songer à se mettre en communication avec elles. Voilà la transformation scientifique qui marquera la fin du dix-neuvième siècle et qui inaugurera le vingtième."

J'écoutais, ravi, les paroles de la Muse céleste, qui illuminaient pour moi d'une lumière toute nouvelle les destinées de l'Astronomie et me pénétraient d'une ardeur plus vivre encore. J'avais sous les yeux le panorama des mondes innombrables qui roulent dans l'espace et je comprenais que le but de la science devait être de nous faire connaître ces univers lointains, de nous faire vivre dans ces horizons immenses. La belle déesse continua :

" La mission de l'Astronomie sera plus élevée encore Après vous avoir fait sentir, vous avoir fait connaître que la Terre n'est qu'une cité dans la patrie céleste et que l'homme est citoyen du ciel, elle ira plus loin. En découvrant le plan sur lequel l'univers physique est construit, elle montrera que l'univers moral est établi sur ce même plan, que les deux mondes ne forment qu'un même monde et que l'esprit gouverne la matière. Ce qu'elle aura fait pour l'espace, elle le fera pour le temps. Après avoir apprécié l'immensité de l'espace et avoir reconnu que les mêmes lois règnent simultanément en tous lieux et font de l'immense univers une seule unité, vous apprendrez que les siècles du passé et de l'avenir sont associés au temps présent et que les monades pensantes vivront éternellement par des transformations successives et progressives ; vous apprendrez qu'il y a des esprits incomparablement supérieurs aux plus grands esprits de l'humanité terrestre et que tout progresse vers la perfection suprême ; vous apprendrez aussi que le monde matériel n'est qu'une apparence et que l'être réel consiste en une force impondérable, invisible et intangible.

" L'Astronomie sera donc éminemment, et avant tout, la directrice de la philosophie. Ceux qui raisonneront en dehors des connaissances astronomiques resteront à côté de la vérité. Ceux qui suivront fidèlement son flambeau s'élèveront graduellement dans la solution des grands problèmes.

" La philosophie astronomique sera la religion des esprits supérieurs.

" Tu dois assister, ajouta-t-elle, à cette double transformation de la science. Lorsque tu quitteras le monde terrestre, cette science astronomique, que tu admires déjà si légitime-

ment, sera entièrement renouvelée, dans sa forme comme dans son esprit.

"Mais ce n'est pas tout. Cette rénovation d'une science antique servirait peu au progrès général de l'humanité, si ces sublimes connaissances, qui développent l'esprit, éclairent l'âme et affranchissent des médiocrités sociales, restaient enfermées dans le cercle restreint des astronomes de profession. Ce temps-là va passer aussi. Le boisseau doit être renversé. Il faut prendre le flambeau à la main, accroître son éclat, le porter sur les places publiques, dans les rues populeuses, jusque dans les carrefours. Tout le monde est appelé à recevoir la lumière, tout le monde en a soif, surtout les humbles, surtout les déshérités de la fortune, car ceux-là pensant davantage, ceux-là sont avides de science, tandis que les satisfaits du siècle ne se doutent pas de leur ignorance et sont presque fiers d'y demeurer. Oui, la lumière de l'Astronomie doit être répandue sur le monde ; elle doit pénétrer jusqu'aux masses populaires, éclairer les consciences, élever les cœurs. Et ce sera là sa plus belle mission ; ce sera là son bienfait."

CAMILLE FLAMMARION, *Uranie.*

CIEL ET TERRE

I. L'univers visible, tangible, pondérable, et en mouvement incessant, est composé d'atomes invisibles, intangibles, impondérables et inertes.

II. Pour constituer les corps et organiser les êtres, ces atomes sont régis par des forces.

III. La Force est l'entité essentielle.

IV. La visibilité, la tangibilité, la solidité, la dureté, le poids, sont des propriétés relatives, et non des réalités absolues.

V. Les atomes qui composent les corps sont, pour la sensation humaine, infiniment petits :

Les expériences faites sur le laminage des feuilles d'or montrent que dix mille de ces feuilles tiennent dans une épaisseur d'un millimètre. On est arrivé à diviser un millimètre, sur une lame de verre, en mille parties égales, et il existe des infusoires si petits que leur corps tout entier, placé entre deux de ces divisions, ne les touche pas ; les membres, les organes de ces êtres sont composés de cellules, celles-ci

de molécules, celles-ci d'atomes. Vingt centimètres cube d'huile étendue sur un lac arrivent à couvrir 4000 mètres carrés, de sorte que la couche d'huile ainsi répandue ne mesure qu'un deux-cent millième de millimètre d'épaisseur. L'analyse spectrale de la lumière décèle la présence d'un millionième de milligramme de sodium dans une flamme. Les ondes de la lumière sont comprises entre 4 et 8 dix-millièmes de millimètre, du violet au rouge. Il faut 2300 ondes de lumière pour remplir un millimètre. Pendant la durée d'une seconde, l'éther, qui transmet la lumière, exécute sept cent mille milliards d'oscillations, dont chacune est mathématiquement définie. L'odorat perçoit $\frac{1}{640000000}$ de milligramme de mercaptan dans l'air respiré. La dimension des atomes doit être inférieure à un millionième de millimètre de diamètre.

VI. L'atome, intangible, invisible, à peine concevable pour notre esprit accoutumé aux jugements superficiels, constitue la seule vraie matière, et ce que nous appelons matière n'est qu'un effet produit sur nos sens par les mouvements des atomes, c'est-à-dire une possibilité incessante de sensations.

Il en résulte que la matière, comme les manifestations de l'énergie, n'est qu'un mode de mouvement. Si le mouvement s'arrêtait, si la force pouvait être anéantie, si la température des corps était réduite au zéro absolu, la matière telle que nous la connaissons cesserait d'exister.

VII. L'univers visible est composé de corps invisibles. Ce que l'on voit est fait de choses qui ne se voient pas.

Il n'y a qu'une seule sorte d'atomes primitifs ; les molécules constitutives des différents corps, fer, or, oxygène, hydrogène, etc., ne diffèrent que par le nombre, le groupement et les mouvements des atomes qui les composent.

VIII. Ce que nous appelons matière s'évanouit lorsque l'analyse scientifique croit le saisir. Mais nous trouvons comme soutien de l'univers et principe de toutes les formes, la force, l'élément dynamique. Par ma volonté, je puis déranger la Lune dans son cours.

Les mouvements de tout atome, sur notre Terre, sont la résultante mathématique de toutes les ondulations éthérées qui lui arrivent, avec le temps, des abîmes de l'espace infini.

IX. L'être humain a pour principe essentiel l'âme. Le corps est apparent et transitoire.

X. Les atomes sont indestructibles.

L'énergie qui meut les atomes et régit l'univers est indestructible.

L'âme humaine est indestructible.

XI. L'individualité de l'âme est récente dans l'histoire de la Terre. Notre planète a été nébuleuse, puis soleil, puis chaos : alors aucun être terrestre n'existait. La vie a commencé par les organismes les plus rudimentaires ; elle a progressé de siècle en siècle pour atteindre son état actuel, qui n'est pas le dernier. L'intelligence, la raison, la conscience, ce que nous appelons les facultés de l'âme, sont modernes. L'esprit s'est graduellement dégagé de la matière ; comme—si la comparaison n'était pas grossière—le gaz se dégage de la houille, le parfum de la fleur, la flamme du foyer.

XII. La force psychique commence à s'affirmer, depuis trente ou quarante siècles, dans les sphères supérieures de l'humanité terrestre ; son action n'est qu'à son aurore. Les âmes, conscientes de leur individualité ou encore inconscientes, sont, par leur nature même, en dehors des conditions d'espace et de temps. Après la mort du corps comme pendant la vie, elles n'occupent aucune place. Quelques-unes vont peut-être habiter d'autres mondes.

N'ont conscience de leur existence extra-corporelle et de leur immortalité que celles qui sont dégagées des liens materiels.

XIII. La Terre n'est qu'une province de la patrie éternelle ; elle fait partie du Ciel ; *le Ciel est infini ;* tous les mondes font partie du Ciel.

Notre planète est elle-même un navire éthéré qui transporte à travers le Ciel une population d'âmes, à la vitesse de 2,572,000 kilom. par jour autour d'une étoile, et d'environ 740 millions par an vers la constellation d'Hercule.

XIV. Les systèmes planétaires et sidéraux qui constituent l'univers sont à des degrés divers d'organisation et d'avancement. L'étendue de leur diversité est infinie ; les êtres sont partout en rapport avec les mondes.

XV. Tous les mondes ne sont pas actuellement habités. L'époque actuelle n'a pas une importance plus grande que celles qui l'ont précédée et celles qui la suivront. Tels mondes ont été habités dans le passé, il y a des milliards de siècles ; tels autres le seront dans l'avenir, dans des milliards de siècles. Un jour il ne restera rien de la Terre, et ses ruines mêmes seront ruinées.

Mais le néant ne remplacera jamais l'univers.

Si les choses et les êtres ne renaissaient pas de leurs cendres, il n'y aurait plus une seule étoile au ciel, car depuis l'éternité passée tous les soleils seraient éteints, la création tout entière datant de l'éternité.

La durée entière de l'humanité terrestre ne représente *qu'un moment* dans l'éternité.

XVI. La vie terrestre n'est pas le type des autres vies. Une diversité illimitée règne dans l'univers. Il est des séjours où la pesanteur est intense, où la lumière est inconnue, où le toucher, l'odorat et l'ouïe sont les seuls sens, où, le nerf optique ne s'étant pas formé, tous les êtres sont aveugles. Il en est d'autres où la pesanteur est à peine sensible, où les êtres sont si légers et si ténus qu'ils seraient invisibles pour des yeux terrestres, où des sens d'une délicatesse exquise révèlent à des esprits privilégiés des sensations interdites à l'humanité terrestre.

XVII. L'espace qui existe entre les mondes répandus dans l'immense univers ne les isole pas les uns des autres. Ils sont tous en communication perpétuelle les uns avec les autres par l'attraction, qui s'exerce instantanément à travers toutes les distances et qui établit un lien indissoluble entre tous les mondes.

XVIII. L'univers forme une seule unité.

XIX. Le système du monde physique est la base matérielle, l'habitat du système du monde moral ou spirituel. L'astronomie doit donc être la base de toute croyance philosophique et religieuse. Tout être pensant porte en soi le sentiment, mais l'incertitude de l'immortalité. C'est parce que nous sommes les rouages microscopiques d'un mécanisme inconnu.

XX. L'homme fait lui-même sa destinée. Il s'élève ou il tombe suivant ses œuvres. Les êtres attachés aux intérêts matériels, les avares, les ambitieux, les hypocrites, les menteurs, les fils de Tartufe, demeurent, comme les pervers, dans les zones inférieures. Mais une loi primordiale et absolue régit la création : la loi du Progrès. Tout s'élève dans l'infini. Les fautes sont des chutes.

XXI. Dans l'ascension des âmes, les qualités morales n'ont pas moins de valeur que les qualités intellectuelles. La bonté, le dévouement, l'abnégation, le sacrifice, épurent l'âme et l'élèvent, comme l'étude et la science.

XXII. La création universelle est une immense harmonie, dont la Terre n'est qu'un fragment insignifiant, assez lourd et incompris.

XXIII. La nature est un perpétuel devenir. *Le Progrès est la loi.* La progession est éternelle.

XXIV. L'éternité d'une âme ne serait pas suffisante pour visiter l'infini et tout connaître.

XXV. La destinée de l'âme est de se dégager de plus en plus du monde matériel, et d'appartenir définitivement à *la vie uranique* supérieure, d'où elle domine la matière et ne souffre plus. La fin suprême des êtres est l'approche perpétuelle de la perfection absolue et du bonheur divin.

CAMILLE FLAMMARION, *Uranie.*

SOLANUM TUBEROSUM

La Pomme de Terre, Patate de Virginie, Parmentière, Morelle tubéreuse, est une plante herbacée, vivace, originaire, croit-on, des parties méridionales de l'Amérique du Nord, et qui appartient à la famille des Solanacées, série des Solanées. Les rameaux aériens, anguleux, de 80 centimètres à $1^{m},20$ de hauteur, portent des feuilles alternes, pinnatiséquées, simulant une feuille imparipennée à folioles opposées par paires, largement ovales, aigues, la terminale plus grande. Les fleurs sont disposées en cymes scorpioïdes, bifurquées, corymbiformes, et sont blanches ou lilas et odorantes. Corolle rotacée à 5 lobes, 5 étamines à anthères conniventes, mais libres et s'ouvrant d'abord par le sommet, puis dans toute leur longueur. Caractères botaniques de la Morelle.

Le fruit est une baie globuleuse assez grosse, accompagnée à la base par le calice persistant. Les racines sont fasciculées. Certains des rameaux souterrains se renflent, se gorgent de fécule et constituent la pomme de terre.

Ce fut sir Walter Raleigh qui, le premier, dit-on, introduisit la pomme de terre en Angleterre, sous le règne de Jacques I^er^. Elle se répandit peu à peu dans le reste de l'Europe, mais toujours entourée d'une certaine suspicion, en raison même des propriétés délétères bien connues de la famille à laquelle elle appartient. On connaît les efforts enfin couronnés de succès faits par Parmentier pour doter la France de la pomme de terre, qu'il avait vu cultiver en grand dans la Silésie, où il s'était trouvé comme prisonnier de guerre pendant quelque temps. Aujourd'hui ces tubercules entrent pour une grande part dans l'alimentation, tout au moins dans les régions

tempérées et même un peu chaudes, car la plante qui les produit ne réussit dans les pays tropicaux que dans des conditions exceptionnelles d'altitude compensant la température élevée.

Cette plante craint cependant le froid, car celui de nos hivers la tue ; aussi est-elle devenue chez nous annuelle et non plus vivace comme dans son pays d'origine.

Nous possédons aujourd'hui un grand nombre de variétés de tubercules, que l'on distingue entre eux par leur forme et leur couleur qui entraînent des modifications dans leurs propriétés alimentaires.

Dujardin-Beaumetz et Égasse, *Les Plantes Médicinales.*

FORMATION DES OS

Le périoste est donc la matière, l'organe, l'*étoffe* qui sert à toutes ces reproductions merveilleuses.

Le périoste est l'organe qui produit les os et qui les reproduit : aussi nulle autre partie de l'économie animale ne jouit-elle à un aussi haut degré de la faculté de se reproduire

Quelques jours suffisent à sa reproduction ; et cette reproduction est inépuisable.

On peut retrancher une portion de périoste, elle se reproduit ; on peut la retrancher encore, et elle se reproduit encore, etc.

Et maintenant, après avoir mis dans tout son jour, après avoir démontré par tant d'expériences diverses, la faculté surprenante, et jusqu'à moi si peu connue, qu'ont les os de se reproduire, me sera-t-il défendu d'espérer que cette merveilleuse puissance sera bientôt un ressort nouveau entre les mains de la Chirurgie ?

Oh ! non, sans doute. Je m'adresse aux chirurgiens qui observent, qui pensent, qui ne voient pas, dans la Chirurgie, un simple métier de routine, mais une science, une grande science, et qui, au-dessus de cette science même, voient l'humanité.

. . . . . .

Je l'ai déjà dit, le grand ressort du développement de l'os est la mutation de la matière. . . .

Le mécanisme du développement des os est la *rénovation*, la *mutation continuelle* de toutes les parties qui les composent.

Cet os que je considère et qui s'accroît, n'a plus, en ce moment, aucune des parties qu'il avait il y a quelque temps, et bientôt il n'aura plus aucune de celles qu'il a aujourd'hui. Et, dans ce changement perpétuel de matière, sa forme change très peu. Là est une des premières et fondamentales lois qui régissent les corps vivants. Dans tout ce qui a vie, la forme est plus persistante que la matière.

. . . . . .

Il est impossible que, parvenu au point où nous sommes, le lecteur ne soit pas frappé de l'aspect nouveau sous lequel se présentent les *forces de la vie.*

La matière n'est, selon l'heureuse expression de G. Cuvier, que *dépositaire* de ces forces. La matière actuelle, la matière qui est à présent, ne les a qu'en dépôt; elle les a *reçues* de la matière qui l'a précédée; elle ne les a reçues que pour les *rendre* à la matière qui la remplacera bientôt.

Ainsi donc, la matière passe, les forces restent.

La loi, la grande loi qui fixe le rapport des forces avec la matière, dans les corps vivants, est donc, d'une part la *permanence des forces*, et, de l'autre, la *mutation de la matière.*

La *force* seule est donc stable.

Un philosophe de nos jours a défini l'*homme*: une intelligence servie par des organes.

Je définis la *vie*: un ensemble de forces servies par la matière.

FLOURENS, *Théorie expérimentale de la formation des os.*

L'ANATOMIE COMPARÉE

Le but de ces principes d'anatomie comparée est donc de faire sentir ce que c'est que la physiologie considérée d'une manière générale et applicable à tous les animaux, les rapports des lois de la vie avec les lois générales qui régissent tous les corps de la nature, et jusqu'à quel point nous pouvons en espérer l'explication. Elle doit aussi servir à établir les principes de la zoologie sur des bases fixes, immuables, et par conséquent à la transformer en science, en montrant évidemment que ce n'est pas une simple nomenclature, comme le pensent encore quelques esprits élevés; enfin on pourrait la regarder aussi comme la base d'une histoire naturelle et générale des animaux, ainsi que celle d'une pathologie générale.

Les moyens de cette anatomie comparée sont essentiellement l'anatomie intuitive des animaux, la comparaison des organes dont ils se composent étudiés dans les accroissements et les dégradations déterminés par l'âge et en rapport avec la place de ces animaux dans la série, considérée presque comme un tout.

Son importance est évident si, comme il n'est guère permis d'en douter, la véritable philosophie, la psychologie et toutes les sciences qui en dépendent ne peuvent trouver de base un peu solide que dans la physiologie générale ; et s'il est vrai qu'une bonne disposition générale des animaux doive être telle qu'elle permette d'appliquer la voie d'induction et d'analogie, et de juger de la nature d'un animal inconnu par sa place auprès d'un animal connu, il est évident que l'étude de l'organisation qui détermine cette nature ou les mœurs, les habitudes, les qualités, doit être d'une valeur irrécusable, puisque, par ce moyen, il sera possible de connaître *a priori* les qualités utiles ou nuisibles d'une espèce, et par suite les moyens que l'homme doit employer pour la propager ou la détruire.

L'ordre à suivre dans une étude quelconque n'étant pas aussi indifférent que quelques personnes pourraient le croire, il ne sera pas inutile de rechercher, avant que d'aller plus loin, quel est celui que nous adopterons dans cette étude fondamentale et rapide de l'organisation des animaux. Commencerons-nous par une extrémité de la série qu'ils forment ou par l'autre ? Ceux qui admettent que la méthode analytique doit être préférée dans toute espèce d'enseignement, penseront sans doute que nous devrions commencer par les êtres les plus simples, les moins compliqués, d'après le principe qu'il est plus aisé de connaître une machine formée d'un petit nombre de rouages que celle qui en renferme une grande quantité. Mais, comme dans les machines animales, il nous est tout aussi difficile, ou peut-être mieux encore, tout aussi impossible de concevoir la vie dans la plus simple que dans la plus compliquée ; bien plus, comme ce n'est souvent que par analogie que nous pouvons juger des fonctions d'un organe, c'est-à-dire parce que nous savons que nous le possédons comme le cadavre que nous venons de disséquer, et qu'il sert chez nous à tel ou tel usage ; il nous semble à la fois plus naturel, plus logique et plus instructif de commencer par la tête de la série, par l'être le plus compliqué, ou l'homme, afin de marcher autant que possible, du moins dans ces sortes

de recherches, du connu à l'inconnu, en nous aidant avec art de la voie de l'analogie et de l'induction. Nous étudierons donc toutes les parties de l'organisation en suivant la dégradation animale ; mais cependant, pour ne pas perdre entièrement l'avantage de la méthode inverse, dans nos considérations générales sur chaque appareil et sur chaque fonction, nous en ferons une analyse rapide en marchant du simple au composé.

DE BLAINVILLE, *De l'organisation des animaux.*

LES DEGRÉS DE DÉVELOPPEMENT D'UN ORGANE

. . . Je n'ai présenté ma théorie des analogues que sous un seul rapport quand j'ai fait voir que les mêmes organes, selon qu'on les considère dans les degrés les plus différents dans l'échelle des êtres, sont susceptibles d'une double combinaison, étant alternativement développés à l'excès ou bien retenus à l'état d'embryon, dans la plénitude de leurs fonctions ou dans l'inactivité la plus complète ; il me reste à montrer à quelles révolutions est exposé le même organe dans une situation intermédiaire qui, sans être réduit au degré d'atténuation que j'ai jusqu'à ce moment qualifié par le nom de *rudimentaire,* a cependant cessé de faire partie de la classe des organes *accomplis* ou *normaux.*

. . . S'il arrive à un organe de rester en deçà de son développement possible, sans cependant descendre jusqu'à cet état d'amoindrissement que nous exprimons par le nom de rudimentaire, nous passons à un autre ordre de considérations. Un organe dans cette nouvelle situation ne saurait intervenir parmi d'autres que sa présence ne soit là d'un effet quelconque. N'oublions pas qu'il n'appartient plus à ce haut degré de composition que nous avons proposé de désigner par le nom d'organes normaux, et qu'il a perdu son caractère d'invariabilité, en cessant d'être une pièce de première utilité. Notre supposition d'un demi-développement le place dans une position à ressentir d'une part l'influence des organes qui l'avoisinent, et de l'autre à exercer à l'égard de ceux-ci une sorte de réaction. Dans quelles proportions alors et quelles en sont les conséquences ? Telles sont autant de questions à examiner.

N'y ayant plus rien qui assujétisse cet organe, le degré de son développement dépend de ce qui se passe auprès de lui : si tout son entourage est dans une tenue habituelle, il reste petit et végète dans un état peu éloigné d'un organe rudimentaire ; mais si au contraire les organes de son voisinage, dominés par des influences étrangères, sont eux-mêmes frappés d'amaigrissement, ces circonstances sont pour lui une bonne fortune qu'il met à profit : le fluide nourricier qui dans cette région n'a plus guère que les canaux de cet organe pour issue, s'y répand presqu'exclusivement, le développe et le porte bientôt à un volume qui dépasse quelquefois de beaucoup les limites qui lui sont prescrites, quand il est dans une position fixe et invariable à l'égard d'une *classe* : dans sa position *normale*.

C'est arrivé à ce point qu'il devient très intéressant de considérer un tel organe dans la même classe d'animaux : on peut d'avance être assuré que c'est lui qui y donnera le caractère distinctif de chaque genre parce que, du moment où il a dépassé les limites du développement normal, il a changé de rôle, et que de dominé qu'il était, alors qu'il restait en deçà de ce développement, il devient dominateur à son tour, et place à son égard tous les organes de son entourage dans le cas de la subordination. Ainsi les phalanges de la main chez les Chauves-Souris, ayant dépassé, de la manière la plus extraordinaire, les limites de l'état normal de ces parties chez les autres Onguiculés, exercent l'influence la plus marquée, une influence proportionnée sur toute l'économie des Mammifères ailés. C'est en s'appuyant sur les principes de cette théorie, que la zoologie donnera un jour à ses lois de la subordination des caractères, toute la précision et la rigueur qu'elles n'ont point encore obtenues jusqu'à ce jour.

GEOFFROY SAINT-HILAIRE, *Philosophie anatomique.*

LES ESPECES PERDUES

Pourquoi les races actuelles, me dira-t-on, ne seraient-elles pas des modifications de ces races anciennes que l'on trouve parmi les fossiles, modifications qui auraient été produites par des circonstances locales et le changement de climat, et portées à cette extrême différence par la longue succession des années ?

Cette objection doit surtout paraître forte à ceux qui croient à la possibilité indéfinie de l'altération des formes dans les corps organisés, et qui pensent qu'avec des siècles et des habitudes toutes les espèces pourraient se changer les unes dans les autres ou résulter d'une seule d'entre elles.

Cependant, on peut leur répondre, dans leur propre système, que si les espèces ont changé par degrés, on devrait trouver des traces de ces modifications graduelles; qu'entre le paléothérium et les espèces d'aujourd'hui l'on devrait découvrir quelques formes intermédiaires, et que jusqu'à présent cela n'est point arrivé.

Pourquoi les entrailles de la terre n'ont-elles pas conservé les monuments d'une généalogie si curieuse, si ce n'est parce que les espèces d'autrefois étaient aussi constantes que les nôtres, ou du moins parce que la catastrophe qui les a détruites ne leur a pas laissé le temps de se livrer à leurs variations?

Quant aux naturalistes qui reconnaissent que les variétés sont restreintes dans certaines limites fixées par la nature, il faut pour leur répondre examiner jusqu'où s'étendent ces limites, recherche curieuse, fort intéressante en elle-même sous une infinité de rapports, et dont on s'est cependant bien peu occupé jusqu'ici.

Cette recherche suppose la définition de l'espèce qui sert de base à l'usage que l'on a fait de ce mot, savoir que l'espèce comprend *les individus qui descendent les uns des autres, ou de parents communs, et ceux qui leur ressemblent autant qu'ils se ressemblent entre eux.* Ainsi nous n'appelons variétés d'une espèce que les races plus ou moins différentes qui peuvent en être sorties par la génération. Nos observations sur les différences entre les ancêtres et les descendants sont donc pour nous la seule règle générale; car tout autre rentrerait dans des hypothèses sans preuves.

Or, en prenant ainsi la *variété,* nous observons que les différences qui la constituent dépendent de circonstances déterminées, et que leur étendue augmente avec l'intensité de ces circonstances.

Ainsi les caractères les plus superficiels sont les plus variables: la couleur tient beaucoup à la lumière, l'épaisseur du poil à la chaleur, la grandeur à l'abondance de la nourriture; mais dans un animal sauvage ces variétés mêmes sont fort limitées par le naturel de cet animal, qui ne s'écarte pas volontiers des lieux où il trouve au degré

convenable tout ce qui est nécessaire au maintien de son espèce, et qui ne s'étend au loin qu'autant qu'il y trouve aussi la réunion de ces conditions. Ainsi, quoique le loup et le renard habitent depuis la zone torride jusqu'à la zone glaciale, à peine éprouvent-ils dans cet immense intervalle d'autre variété qu'un peu plus ou un peu moins de beauté dans leur fourrure. J'ai comparé des cranes de renards du nord et de renards d'Égypte avec ceux des renards de France, et je n'y ai trouvé que des différences individuelles.

Ceux des animaux sauvages qui sont retenus dans des espaces plus limités varient bien moins encore, surtout les carnassiers. Une crinière plus fournie fait la seule différence entre l'hyène de Perse et celle du Maroc.

. . . . . .

La nature a soin aussi d'empêcher l'altération des espèces, qui pourraient résulter de leur mélange, par l'aversion mutuelle qu'elle leur a donnée. Il faut toutes les ruses, toute la puissance de l'homme pour faire contracter ces unions, même à celles qui se ressemblent le plus ; et quand les produits sont féconds, ce qui est très rare, leur fécondité ne va point au delà de quelques générations, et n'aurait probablement pas lieu sans la continuation des soins qui l'ont excitée. Aussi ne voyons-nous pas dans nos bois d'animaux intermédiaires entre le lièvre et le lapin, entre le cerf et le daim, entre la marte et la fouine.

Mais l'empire de l'homme altère cet ordre ; il développe toutes les variations dont le type de chaque espèce est susceptible, et en tire des produits que ces espèces, livrées à elles-mêmes, n'auraient jamais donnés.

. . . . . .

Il n'y a donc dans les faits connus rien qui puisse appuyer le moins du monde l'opinion que les genres nouveaux que j'ai découverts ou établis parmi les fossiles . . . aient pu être les souches de quelques-uns des animaux d'aujourd'hui, lesquelles n'en différeraient que par l'influence de temps ou du climat.

Cuvier, *Discours sur les Révolutions du Globe.*

LA STRUCTURE DES ÊTRES VIVANTS

A mesure que l'on observe les faits que nous présente la nature dans ses diverses parties, il est singulier de pouvoir

remarquer que les causes, même les plus simples, des faits observés sont souvent celles qui restent le plus longtemps inaperçues.

Ce n'est pas d'aujourd'hui que l'on sait que tous les organes quelconques dans les animaux sont enveloppés de *tissu cellulaire*, et que leurs moindres parties sont dans le même cas.

En effet, il est reconnu depuis longtemps que les membranes qui forment les enveloppes du cerveau, des nerfs, des vaisseaux de tout genre, des glandes, des viscères, des muscles et de leurs fibres, que la peau même des corps, sont généralement des productions du *tissu cellulaire.*

Cependant, il ne paraît pas qu'on ait vu autre chose dans cette multitude de faits concordants que les faits eux-mêmes; et personne, que je sache, n'a encore aperçu que le *tissu cellulaire* est la matrice générale de toute organisation, et que sans ce tissu, aucun corps vivant ne pourrait exister et n'aurait pu se former.

Ainsi, lorsque j'ai dit que le *tissu cellulaire* est la gangue dans laquelle tous les organes des corps vivants ont été successivement formés et que *le mouvement des fluides* dans ce tissu est le moyen qu'emploie la nature pour créer et développer peu à peu ces organes aux dépens de ce même tissu, je n'ai pas craint de me voir opposer des faits qui attesteraient le contraire; car c'est en consultant les faits eux-mêmes qu'on peut se convaincre que tout organe quelconque a été formé dans *le tissu cellulaire,* puisqu'il en est partout enveloppé, même dans ses moindres parties.

Aussi voyons-nous que, dans l'ordre naturel, soit des animaux, soit des végétaux, ceux de ces corps vivants dont l'organisation est la plus simple, et qui conséquemment sont placés à l'une des extrémités de l'ordre, n'offrent qu'une masse de tissu cellulaire dans laquelle on n'aperçoit encore ni vaisseaux, ni glandes, ni viscères quelconques; tandis que ceux de ces corps qui ont l'organisation la plus composée, et qui, par cette raison, sont placés à l'autre extrémité de l'ordre, ont tous leurs organes tellement enfoncés dans le *tissu cellulaire,* que ce tissu forme généralement leurs enveloppes et constitue pour eux ce milieu commun par lequel ils communiquent et qui donne lieu à ces métastases subites si connues de tous ceux qui s'occupent de l'art de guérir.

Comparez dans les animaux l'organisation très simple

des *infusoires* et des *polypes*, qui n'offre dans ces êtres imparfaits qu'une masse gélatineuse uniquement formée de tissu cellulaire, avec l'organisation très composée des mammifères, qui présente un tissu cellulaire toujours existant, mais enveloppant une multitude d'organes divers, et vous jugerez si les considérations que j'ai publiées sur ce sujet important sont les résultats d'un système imaginaire.

Comparez de même dans les végétaux l'organisation très simple des algues et des champignons avec l'organisation plus composée d'un grand arbre ou de tel autre végétal dicotylédon quelconque, et vous déciderez si le plan général de la nature n'est pas partout le même malgré les variations infinies que ces opérations particulières vous présentent.

Effectivement, dans les algues inondées, telles que les nombreux *fucus* qui constituent une grande famille composée de différents genres, et telles encore que les *ulva*, les *conferva*, etc., le tissu cellulaire à peine modifié se montre de manière à prouver que c'est lui seul qui forme toute la substance de ces végétaux, en sorte que dans plusieurs de ces algues, les fluides intérieurs, par leurs mouvements dans ce tissu, n'y ont encore ébauché aucun organe quelconque, et dans les autres, ils n'y ont frayé que quelques canaux rares qui vont alimenter ces corpuscules reproductifs que les botanistes prennent pour des graines, parce que souvent ils les trouvent enveloppés plusieurs ensemble dans une vésicule capsulaire, comme le sont aussi les germes de beaucoup de sertulaires connues.

On peut donc se convaincre par l'observation que, dans les animaux les plus imparfaits, tels que les *infusoires* et les *polypes*, dans les végétaux les moins parfaits, tels que les *algues* et les *champignons*, tantôt il n'existe aucune trace de vaisseaux quelconques et tantôt il ne se trouve que des canaux rares simplement ébauchés ; enfin on peut reconnaître que l'organisation très simple de ces corps vivants n'offre qu'un tissu cellulaire dans lequel les fluides qui le vivifient se meuvent avec lenteur et que ces corps dépourvus d'organes spéciaux ne se développent, ne s'accroissent et ne se multiplient ou ne se régénèrent que par une faculté d'*extension* et de *séparation* de parties reproductives qu'ils possèdent dans un degré très éminent.

De Lamarck, *Philosophie zoologique.*

LA RAGE

Après des expériences, pour ainsi dire sans nombre, je suis arrivé à une méthode prophylactique, pratique et prompte, dont les succès sur le chien sont déjà assez nombreux et sûrs pour que j'aie confiance dans la généralité de son application à tous les animaux et à l'homme lui-même.

Cette méthode repose essentiellement sur les faits suivants:

L'inoculation du lapin, par la trépanation sous la dure-mère d'une moelle rabique de chiens à rage des rues, donne toujours la rage à ces animaux après une durée moyenne d'incubation de quinze jours environ.

Passe-t-on du virus de ce premier lapin à un second, de celui-ci à un troisième et ainsi de suite par le mode d'inoculation précédent, il se manifeste bientôt une tendance de plus en plus accusée dans la diminution de la durée d'incubation de la rage chez les lapins successivement inoculés.

Après vingt à vingt-cinq passages de lapin à lapin, on rencontre des durées d'incubation de huit jours, qui se maintiennent pendant une période nouvelle de vingt à vingt-cinq passages. Puis on obtient une durée d'incubation de sept jours, que l'on retrouve avec une régularité frappante pendant une série nouvelle de passages allant au quatre-vingt-dixième. C'est du moins à ce chiffre que je suis en ce moment; et c'est à peine s'il se manifeste actuellement une tendance à une durée d'incubation d'un peu moins de sept jours.

Ce genre d'expériences, commencé en novembre 1882, a déjà trois années de durée, sans que la série ait jamais été interrompue, sans que jamais, non plus, on ait dû recourir à un virus autre que celui des lapins successivement morts rabiques. Rien de plus facile, en conséquence, d'avoir constamment à sa disposition, pendant des intervalles de temps considérables, un virus rabique d'une pureté parfaite, toujours identique à lui-même ou à très peu près. C'est le nœud pratique de la méthode.

Les moelles de ces lapins sont rabiques dans toute leur étendue avec constance dans la virulence.

Si l'on détache de ces moelles des longueurs de quelques centimètres avec des précautions de pureté aussi grandes qu'il est possible de les réaliser, et qu'on les suspende dans un air sec, la virulence disparaît lentement dans ces moelles jusqu'à s'éteindre tout à fait. La durée d'extinction de la

virulence varie quelque peu avec l'épaisseur des bouts de la moelle, mais surtout avec la température extérieure. Plus la température est basse, plus durable est la conservation de la virulence. Ces résultats constituent le point scientifique de la méthode.

Ces faits étant établis, voici le moyen de rendre un chien réfractaire à la rage, en un temps relativement court.

Dans une série de flacons, dont l'air est entretenu à l'état sec par des fragments de potasse déposés sur le fond du vase, on suspend, chaque jour, un bout de moelle rabique fraîche de lapin mort de rage, rage développée après sept jours d'incubation. Chaque jour également, on inocule sous la peau du chien une pleine seringue Pravaz de bouillon stérilisé, dans lequel on a délayé un petit fragment d'une de ces moelles en dessiccation, en commençant par une moelle d'un numéro d'ordre assez éloigné du jour où l'on opère, pour être bien sûr que cette moelle n'est pas du tout virulente. Des expériences préalables ont éclairé à cet égard. Les jours suivants, on opère de même avec des moelles plus récentes, séparées par un intervalle de deux jours, jusqu'à ce qu'on arrive à une moelle très virulente, placée depuis un jour ou deux en flacon.

Le chien est alors rendu réfractaire à la rage. On peut lui inoculer du virus rabique sous la peau ou même à la surface du cerveau par trépanation, sans que la rage se déclare.

Par l'application de cette méthode, j'étais arrivé à avoir cinquante chiens de tout âge et de toute race, réfractaires à la rage, sans avoir rencontré un seul insuccès. . . .

PASTEUR, *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

LA PIERRE DE SERPENTS

Le tribut annuel payé par les Hindous aux griffes des tigres et autres bêtes fauves et aux morsures de serpents est véritablement effrayant. Certaines années le chiffre des cas de mort s'est élevé à près de vingt mille et sur ce nombre la plus grosse part revient aux terribles effets du venin du cobra et autres espèces venimeuses. Le sérum de Calmette s'emploie dans les Indes, comme dans toutes les régions où foisonnent ces dangereux reptiles. Mais combien peu de privilégiés

peuvent bénéficier de cet antidote ! Au cœur des forêts, en dehors des grands centres urbains, les Hindous ne peuvent trouver de secours rapides. Aussi ont-ils recours aux talismans, aux médications bizarres avec toute la foi qu'ils n'auront pas de longtemps dans les préparations des médecins européens.

De tous temps ils se sont servis, comme préservatifs des morsures de reptiles, de ce qu'ils appellent la pierre de serpents. Ces pierres, préparées dévotement par des prêtres des brahmines vivant au cœur des forêts vierges, sont douées pour eux d'un pouvoir surnaturel ; les charmeurs de serpents, si fréquemment victimes de la dent de leurs élèves, les recherchent et ne manquent pas de les recommander. Il est fort difficile de s'en procurer ; les indigènes conservent ces précieux talismans et ce n'est que par ruse ou à prix d'or qu'on a pu en obtenir. Le Dr Watkins-Pitchford, directeur du laboratoire bactériologique de Pietermaritzburg au Natal, a eu l'occasion d'étudier un de ces préservatifs, pour vérifier si réellement il possédait quelques propriétés particulières et si la fameuse pierre pourrait être de quelque secours contre les morsures des serpents du Sud de l'Afrique, aussi dangereux que les serpents des Indes. La pierre lui avait été envoyée par un voyageur qui n'était pas éloigné de croire aux vertus de ce talisman. Celui-ci l'avait recueilli aux Indes d'un Hindou mordu par un serpent.

Jadis, Faraday avait soumis à l'analyse chimique une de ces pierres, achetée plusieurs centaines de roupies dans le district d'Hyderabad, et il avait constaté que la soi-disant pierre n'était qu'un fragment d'os calciné, rempli de sang après la calcination, puis de nouveau passé au feu.

La pierre examinée par M. Watkins-Pitchford ne différait pas beaucoup de l'échantillon analysé par Faraday et semble bien être aussi un fragment d'os calciné, peut-être retiré des bûchers sacrés. D'aspect gris brun elle avait une forme trapézoïde et mesurait 22 millimètres sur 15 de haut et 5 d'épaisseur ; elle ressemblait tout à fait à un fragment de fémur d'adulte. Pour se rendre compte des effets de ce contre-poison bizarre, M. Watkins suivit, dans ses expériences, scrupuleusement, les indications données par les indigènes. On doit, en effet, appliquer directement la pierre sur le point de la piqûre, après avoir mouillé la plaie avec un peu d'eau. Au bout de peu de temps la pierre adhère très intimement avec les tissus, et on peut alors la retirer, elle a absorbé le

poison. Si on désire utiliser à nouveau ses vertus miraculeuses, il faut jeter la pierre dans du lait, le poison est absorbé par le liquide qui tourne au bleu.

Pour se conformer à cette pratique, M. Watkins se servit d'un fort lapin de deux kg. auquel il injecta, le poil rasé, une dose de 66 centièmes de milligramme de venin du mamba noir dilué dans un peu d'eau distillée. Ce serpent passe pour un des plus dangereux des races vipérines de l'Afrique australe. La pierre de serpent fut alors appliquée dans les conditions prescrites : sans efficacité, car l'animal succombait au bout de trois heures avec les signes de l'empoisonnement classique. Par contre un animal témoin, qui reçut à peu près la même dose de venin et n'eut pas de pierre comme préservatif, résistait au poison et guérissait après quelques heures de malaise.

Ces expériences, répétées plusieurs fois et dont l'auteur donne la relation dans le *British Medical Journal*, permettent d'affirmer qu'il n'y a, dans l'efficacité de ces talismans, absolument rien de fondé ; c'est une superstition, une pratique suggestive qui aide à la croyance en la guérison et qui peut sembler réussir lorsque l'introduction du venin aura été nulle ou à doses trop faibles. Il y aurait plus de confiance à avoir dans une succion directe de la plaie pour enlever une partie du poison que dans l'application de cet os poreux. La pierre de serpent n'est qu'une amulette et il faut s'efforcer de propager, dans les pays infestés par ces redoutables reptiles, l'emploi du sérum ou, à défaut, les injections de [illegible] de potasse.

A. Cartaz, [illegible]

LE SERPENT DE MER

Tous les journaux ont donné quelques détails sur l'animal inconnu rencontré dans la baie d'Along. Nous croyons bon de reproduire, à titre documentaire, le rapport même de M. le lieutenant de vaisseau L'Éost, commandant la canonnière « Décidée, » transmis à M. le contre-amiral commandant la 2e division de l'escadre de l'Extrême-Orient.[1]

Amiral, dans l'après-midi du 25 février dernier, faisant route pour sortir de la baie d'Along, la « Décidée » a

[1] Ce rapport a été publié pour la 1re fois dans le *Bulletin de la marine marchande.*

rencontré, à hauteur du rocher la "Noix," un animal étrange, paraissant être de la même espèce que ceux observés dans les mêmes parages en 1897 et 1898, par M. le lieutenant de vaisseau Lagrésille, à bord de l'"Avalanche," observations publiées au *Bulletin de la Société zoologique de France* (année 1902), et dont je n'ai eu connaissance qu'après les miennes propres.

J'aperçus d'abord le dos de l'animal à 300 mètres environ, par bâbord devant, sous la forme d'une masse noirâtre arrondie, que je pris successivement pour un rocher, puis, la voyant mobile, pour une énorme tortue de 4 à 5 mètres de diamètre.

Peu après, je vis cette masse s'allonger et émerger successivement, par une série d'ondulations verticales, toutes les parties du corps d'un animal ayant l'apparence d'un serpent aplati, dont j'estimai la longueur à une trentaine de mètres et la plus grande largeur à 4 ou 5 mètres. L'animal ayant plongé, je cessai de l'observer, mon attention étant distraite par la manœuvre du bâtiment. Les observations qui suivent ont été recueillies près de différentes personnes de l'état-major et de l'équipage. L'animal apparut une seconde fois à environ 150 mètres et vint plonger sous le bâtiment immédiatement sur l'arrière de la coupée. Son dos, dans cette seconde apparition, fut d'abord seul visible. Il était de coupe hémicirculaire, nullement semblable à celui des cétacés (D^r^ Lowitz). Sa peau était noire, présentant des taches jaunes marbrées (timonier breveté Sourimant); selon le second maître de timonerie Leguen, elle était jaune foncé et parfaitement lisse. Le dos aurait ensuite disparu en laissant de grands remous et la tête seule aurait émergé près de la coupée. Voici, en effet, les observations du quartier-maître mécanicien Pinaud, qui se trouvait à cet endroit. Tous ses camarades présents l'ont confirmé en tous points. Ayant entendu un bruit de voix sur la passerelle, il regarde dehors et aperçoit un grand remous comme celui de la mer brisant sur une roche à fleur d'eau, ou encore comme celui que produit un sous-marin dans sa plongée. Il se retourne pour appeler ses camarades, et tous viennent regarder. La tête et le cou sortent alors de l'eau, à peine à 40 mètres. Cette tête était de la couleur des roches de la baie (grisâtres, elles ont des blancs mélangés de jaune). Elle ressemblait à celle d'une tortue; la peau en paraissait rugueuse, cette rugosité semblant plutôt due à des écailles qu'à des poils.

Le diamètre qu'indiquent les témoins pour la partie la

plus large de la tête varie de $0^m,40$ à $0^m,80$; ce diamètre était légèrement supérieur à celui du cou. La tête soufflait deux jets d'eau vaporisée. Le reste du corps apparaissait à fleur d'eau. Il avait des ondulations dans le sens horizontal. L'animal s'avançait avec une vitesse propre estimée à huit nœuds. Arrivée près du bord, la tête plongea, et on vit le long du corps, qui émergeait à peine, une suite d'ondulations verticales se transmettre. L'animal ressortit aussitôt près de la hanche tribord du bâtiment Le fusilier breveté Lecoublet et le gabier auxiliaire Le Gall se trouvaient là. Le corps s'avançait en ondulant verticalement. Il avait dans sa longueur cinq ou six ondulations très prononcées. Cette longueur est estimée, par les deux témoins, supérieure à 10 mètres. Ils décrivent une tête plus large vers l'arrière qu'à l'avant, plus allongée que celle d'un phoque. Le corps leur a paru à peu près d'égale dimension sur toute sa longueur. Ils le comparent à celui d'un souffleur. Cette appréciation, rapprochée de l'estimation à mon avis beaucoup trop faible de la longueur de l'animal, me fait croire que ces témoins n'ont vu qu'une partie du corps.

La peau était lisse. Personne n'a vu de nageoires. L'animal ne soufflait pas en ce moment. Il plongea de nouveau et reparut assez loin derrière. On ne distinguait plus alors qu'un corps noirâtre, allongé, à sinuosités mobiles, et des jets d'eau vaporisée. Enfin, d'après les observations des témoins de la coupée, l'animal respirait plutôt par des narines que par le sommet de la tête. Les détails de la tête n'ont été observés par personne. *La Nature.*

LA CURIOSITÉ CHEZ LES OISEAUX

Il y a quelques années une oie excitait par ses excentricités l'attention d'une petite ville du duché de Bade. Toutes les fois que le garde-champêtre allait au marché avec sa grande sonnette pour lire un arrêté ou un avis, une oie blanche et noire se séparait de la troupe assemblée autour du ruisseau et se mêlait aux paysans qui écoutaient le garde-champêtre. Pendant la lecture des arrêtés, elle se tenait immobile, la tête dressée comme pour parodier les mines attentives des assistants. Au moment où le garde-champêtre sonnait, elle se mettait en marche pour le suivre. Quand il s'arrêtait, elle restait en face de lui et l'écoutait. Elle suivait ainsi l'homme à travers

toute l'étendue du bourg et ne rejoignait ses camarades et son ruisseau que la tournée finie. Elle garda cette habitude pendant plusieurs mois.

Cette anecdote, rapportée par un zoologiste, montre sous une forme un peu humoristique, la curiosité qui est le péché mignon de la plupart des oiseaux. Chez eux, la curiosité l'emporte souvent sur la prudence, cependant très active, et, au péril de leur vie, ils s'approchent de l'objet qui les intrigue. Les chasseurs de marais et du bord de la mer le savent bien : il suffit de poser à terre ou sur une éminence un mouchoir blanc, pour voir arriver divers individus que l'on peut canarder tout à son aise si l'on s'est posté à une petite distance, même sans se cacher. C'est également la curiosité qui fait la perte des alouettes venant regarder de trop près le miroir tournant, et les oiseaux migrateurs qui viennent s'écraser sur les phares dont la clarté les attire.

Les perroquets sont d'une curiosité extraordinaire. Haast représente par exemple le Kéanestor comme un oiseau excessivement curieux qui ne peut s'empêcher d'examiner minutieusement tout objet qu'il rencontre sur son chemin. Un soir, un naturaliste, parti en montagne pour herboriser, avait réuni à grand'peine tout un bouquet de plantes alpestres fort précieuses, et, pour se reposer, les avait déposées sur une aspérité rocheuse. Pendant sa courte absence, un Kéanestor survint qui se mit à étudier ce bouquet et montra son intérêt pour la botanique en précipitant toutes les plantes du haut du rocher. Une autre fois, raconte Brehm, un berger ne fut pas peu surpris lorsque, revenant après une absence de deux jours à sa cabane soigneusement fermée, il entendit s'en échapper un tumulte singulier. C'était un Kéanestor qui le produisait ; il avait pénétré par la cheminée et avait profité de l'absence du propriétaire légal pour mettre à l'épreuve son bec vigoureux. Les vêtements, la literie, les étoffes et tout ce qui n'avait pu résister à ce bec était déchiré et déchiqueté : les poêles, les pots et les assiettes étaient renversés.

Le conseiller Paske a décrit les faits et gestes d'un corbeau qu'il avait élevé et qui, comme ses camarades, était dévoré de curiosité. Il se plaisait tout spécialement à pénétrer par des fenêtres ouvertes dans les chambres pour s'y livrer à toutes sortes de méfaits. C'est ainsi qu'il rendit un jour visite à une chambre de la maison d'en face, y trouva toute une collection de souvenirs que l'habitant de la chambre avait disposés sur une armoire et en réduisit en morceaux la

plus grande partie. Comme il s'intéressait beaucoup aux jeux de balle des enfants dans la rue, il leur volait leur balle et la cachait. Il fit naître parfois des situations d'un comique peu ordinaire comme le montre le fait suivant. Un jour, il entra par la fenêtre dans la salle où siégeait le conseil de guerre, se posa sur la table couverte de plumes, d'encriers, d'actes et ne voulut à aucune force quitter la place : il menaçait même de son bec quiconque voulait le toucher. On finit par envoyer chercher son propriétaire qui l'éloigna sans résistance.

A citer encore comme très curieux, les serins, les moineaux, le rouge-gorge, le tarin, la pie, le rossignol, les oiseaux de proie, les mésanges, et, en général, tous les petits oiseaux chanteurs. *La Nature.*

COMMENT SE NOURRISSENT LES PYTHONS

Il est fort intéressant de connaître la manière dont les animaux carnassiers, dans les différents groupes zoologiques capturent leurs proies, leur mode de préhension des aliments et toutes les modifications qu'ils font subir à ceux-ci avant de les avaler ; en un mot, tous les actes préparatoires à l'absorption définitive de la nourriture. Sous ce rapport les Serpents sont particulièrement curieux à étudier. C'est parmi les grandes espèces de la famille des Boæidés, chez les Boas et les Pythons qu'on peut le mieux observer ces phénomènes dans ce qu'ils ont à la fois de curieux et d'impressionnant.

Les Boas sont américains. L'espèce typique et la plus généralement rencontrée est le Boiguacu (*Boa constrictor*). L'Anacondo (*Eunectes murinus*), gigantesque Ophidien des marais de la Guyane et du Brésil, dont la taille atteint parfois 7 à 8 mètres, a pu être conservé quelquefois dans certains jardins zoologiques. Toutefois ce sont les Pythons, propres à l'Ancien continent, qui sont de beaucoup les plus faciles à se procurer parmi les grosses espèces exotiques et ce sont eux, par conséquent, que l'on voit le plus souvent dans les ménageries et chez les bateleurs. Le Python molure (*Python molurus*), de l'Inde, de l'Indo-Chine et de la Malaisie, et le Python de Séba (*Python Sebae*), de l'Afrique intertropicale, sont les espèces les plus communes, mais le Python réticulé (*Python reticulatus*), de Malaisie, et le Python royal (*Python regius*), de Sénégambie, ne sont pas non plus des espèces bien rares.

On peut s'imaginer un de ces derniers animaux enroulé autour de ses œufs. Ceux-ci, assez volumineux et au nombre d'une dizaine, sont recouverts, comme tous ceux des Serpents en général, d'une enveloppe membraneuse assez résistante mais souple qui permet aisément de les distinguer de ceux à coque calcaire des Oiseaux. On peut se rendre compte des divers actes successifs du repas d'un grand Python. Des photographies ont été prises au jardin zoologique de New-York et sont dues à M. Burti, mais un spectacle de même ordre est donné mensuellement à la ménagerie des Reptiles du Muséum d'histoire naturelle de Paris, sur la richesse de laquelle M. H. Bruyère a fourni ici même d'intéressants détails.[1]

Les Ophidiens, d'une façon générale, se nourrissent de proies vivantes ou tout à fait fraîchement tuées, mais ce qu'il y a de particulièrement curieux chez eux, c'est qu'ils sont capables, grâce à des dispositions anatomiques spéciales, d'engloutir en totalité des animaux d'un volume véritablement incroyable par rapport aux dimensions de leur orifice buccal. Aussi doit-on comprendre que, dans ces conditions, les repas ont lieu à intervalles assez éloignés, la quantité de nourriture absorbée en une fois étant suffisante pour entretenir longtemps la vie chez ces êtres dont les manifestations actives, surtout en captivité, sont habituellement des plus restreints. C'est en effet, pour les Pythons conservés dans les ménageries, un intervalle d'un mois ou de cinq à six semaines qui sépare les repas. A l'état de liberté, il est probable que ceux-ci sont un peu plus fréquents, mais chez des animaux enfermés dans des cages peu spacieuses et ainsi plus ou moins privés de mouvement, ce laps de temps n'a rien d'excessif et ces Serpents s'accommodent fort bien de ce régime. L'alimentation des grands Pythons, d'une taille de 3 à 5 mètres, est ordinairement composée de lapins, mais les plus gros exemplaires mangent parfaitement des agneaux ou de jeunes chevreaux. Par contre, nous devons ajouter que les petits spécimens de 2 mètres environ se contentent de simples cobayes.

Voici arrivé le moment du repas du Python. Si l'on a affaire à un animal vigoureux, en bonne santé et ayant faim, on le verra la tête levée, les yeux fixés sur le gardien, suivre avec intérêt ses moindres mouvements de l'autre côté de la

[1] H. Bruyère, "Les Reptiles au Muséum d'histoire naturelle," *La Nature*, 1901 (2e sem.), no 1462, p. 1 et "Nouveaux reptiles au Muséum," tom. cit., no 1474, p. 202.

cage vitrée. Aussi, à peine le lapin est-il jeté, qu'il est happé au passage, saisi au museau par le serpent qui se détend comme un arc, avec une rapidité étonnante et qu'on a peine à se figurer chez un être aux mouvements habituellement si lents, et avant même d'avoir touché terre, enlacé, étouffé, broyé dans les replis des terribles anneaux de son redoutable adversaire.

D'autres fois, quand le Python est moins bien disposé ou quand le lapin a été introduit dans la cage sans attirer son attention, il se passe un certain temps avant la capture de la proie. On n'observe pas, en effet, en captivité, de la part des Serpents, ces cas de fascination dont parlent si souvent les voyageurs dans leurs récits de chasses. Ce sont les mouvements du lapin trottinant à travers la cage qui vont mettre en éveil son terrible voisin. Les Serpents ont un odorat assez obtus et c'est surtout par la vue du déplacement des objets qu'ils se rendent compte qu'ils ont affaire à un être vivant et, par conséquent, à une proie. A l'état de nature, dans les forêts tropicales, dissimulés en général dans les branches des arbres au milieu desquelles ils se confondent facilement, ils surprennent brusquement les petits Mammifères qui passent à leur portée.

Les grands Serpents, dits *constricteurs*, comme les Pythons, étouffent d'abord leur proie par la pression des replis de leurs anneaux.[1] L'infortuné lapin, une fois saisi par le museau, est enserré dans un triple ou quadruple étau. Culbuté, les pattes postérieures en l'air, la tête et l'avant-train cachés, il disparaît presque aux trois quarts et la terrible étreinte ne cessera complètement que pour laisser tomber un cadavre. Le Python, en effet, attend que l'asphyxie se produise. Au bout de quelques minutes, il va se hasarder à détendre un peu ses puissants replis. Perçoit-il encore quelques soubresauts, quelques mouvements convulsifs, quelques spasmes d'agonie du malheureux Rongeur, immédiatement il ressert son étreinte et attend patiemment que la mort fasse son œuvre. Enfin le lapin est tout à fait immobile, le Python alors déroule ses replis et abandonne momentanément sa victime.[2]

[1] Les Serpents venimeux frappent d'abord de leurs crochets leur victime, puis se retirent un peu à l'écart et tout en la surveillant, attendent que le venin ait produit son effet. Les Couleuvres avalent les Grenouilles sans les tuer préalablement, si bien qu'on a pu en retirer de vivantes de leur estomac.

[2] Bien souvent des personnes s'apitoyent sur les souffrances

Ce repos est de courte durée, le Python revient bientôt sur sa proie et se met à la recherche de la tête. Mais ce Serpent, tout à l'heure si adroit pour attraper en quelque sorte au vol le lapin qu'on lui lançait, ou pour se précipiter sur lui lorsque le malheureux animal trottinait innocemment à ses côtés, semble maintenant tout désorienté devant cette loque inerte qui gît lamentablement à l'endroit même où elle fut terrassée. Il darde de tous côtés sa petite langue fourchue, organe de tact par excellence, et cherche au moyen de celle-ci à compléter les notions que lui fournissent la vue et l'odorat. Enfin, après maints efforts et maintes tentatives, la tête est saisie et la déglutition va pouvoir commencer.

Cette découverte de la tête est des plus importantes. On comprend, en effet, que pour le facile accomplissement des actes qui vont suivre, il est nécessaire que la proie se présente bien. Pour qu'une masse aussi volumineuse puisse pénétrer dans un *orifice* au premier abord si étroit, il faut qu'elle ait la position la plus favorable. Si l'animal est saisi en travers il est évident qu'il ne pourra être ingéré, et même pris par l'arrière-train, sa progression sera bientôt rendue impossible à cause du sens de l'implantation des poils. Quand ce dernier fait se produit, ce qui arrive quelquefois, le Serpent, après quelques efforts infructueux, est obligé de régurgiter sa proie et de repartir à la découverte de l'extrémité antérieure.

Tout se passe normalement, le Serpent a trouvé la tête de sa victime. C'est alors que se produisent les phénomènes peut-être les plus intéressants, mais aussi les plus longs de tout ce spectacle, car ordinairement une dizaine de minutes nous séparent seulement du moment où le lapin fut saisi, tandis qu'il va falloir près d'une demi-heure pour permettre à la bouche de se dilater suffisamment devant cette proie dont le diamètre est bien dix fois supérieur à celui de l'orifice dans lequel elle doit pénétrer. La disposition de la bouche des Serpents est des plus curieuses. Les deux mâchoires inférieures, extrêmement mobiles, ne sont unies en avant que par un ligament extensible qui par son écartement considérable agrandira la bouche dans des proportions extraordinaires. Même facilité en arrière, car les deux mâchoires sont chacune

endurées par le Lapin et, à mon avis, un peu injustement ; la manière dont le Python tue celui-ci est certainement beaucoup moins cruelle que celle employée par certaines ménagères qui arrachent un œil de l'animal et attendent qu'il meure par hémorragie. La strangulation amène la mort assez rapidement, en quelques minutes à peine.

reliées au crâne par une tige très allongée et l'absence de sternum facilite la progression de la masse alimentaire, car elle ne rencontrera que des parties molles se dilatant aisément à son passage.

Le Python, à l'aide de ses dents nombreuses toutes dirigées vers l'intérieur, va donc s'efforcer de s'agripper sur la proie, d'avancer en quelque sorte sur elle en glissant en dessous les deux branches constituées par ses mâchoires inférieures qui formeront, pour me servir d'une comparaison très judicieuse empruntée à M. le professeur Vaillant, comme deux membres, comme deux pattes entraînant en avant dans leur marche la partie supérieure du crâne qui leur sert de point d'appui.

Une fois la tête et l'avant-train du lapin introduits, les parties postérieures passent sans difficulté. D'ailleurs sa progression dans la première portion du tube digestif est aidée par les côtes qui sont aussi comme autant de petites jambes. Quand les pattes postérieures du lapin ont disparu, on peut le suivre encore à travers le corps du Serpent ; il avance rapidement et s'arrête vers la fin du premier tiers du Python, dans l'estomac où la digestion va commencer. Pendant la déglutition, la glotte du Serpent s'est portée en avant, pour lui permettre de respirer facilement durant cette opération qui ne demande guère moins d'un quart d'heure à une demi-heure suivant sa vigueur ou la grosseur relative de sa proie. La digestion complète du lapin durera une dizaine de jours. On se fait difficilement une idée de la puissance des sucs digestifs des Ophidiens ; de l'animal absorbé en totalité, on ne retrouvera, en effet, dans les excréments que quelques débris de poils, des dents, des ongles et . . . c'est tout ! Le squelette tout entier, à part quelquefois les osselets de l'ouïe, a été dissous entièrement par ces sucs extraordinaires.

On pourrait croire que dans ces conditions l'appétit des Serpents est insatiable. Il n'en est rien cependant, et parmi les Vertébrés il n'y a pas d'animaux qui supportent le jeûne avec une plus grande facilité. Chez eux, en effet, la vie est compatible pendant un temps souvent extrêmement considérable avec l'absence de toute nourriture solide.

Certains individus restent facilement 5 à 6 mois et même bien davantage sans vouloir prendre aucun aliment et sans paraître autrement incommodés par cette abstinence volontaire. Des faits de cette nature ont été observés à plusieurs reprises à la ménagerie des Reptiles du Muséum d'histoire

naturelle de Paris. C'est ainsi qu'Auguste Duméril cite l'exemple d'une Couleuvre de l'Amérique du Nord (*Calopisma abacura*) restée 15 mois sans prendre de nourriture et d'un Crotale (*Crotalus durissus*) qui ne se décida à manger qu'au bout de 26 mois. M. le professeur Vaillant mentionne un Pélophile (*Pelophilus madagascariensis*) encore vivant au bout de 23 mois de jeûne et un Python (*Python Sebae*) n'acceptant la proie qu'on lui offrait qu'au bout de 29 mois passés.

Moi-même j'ai pu observer deux Pélophiles extraordinaires sous le rapport de la sobriété. L'un est mort après 3 ans environ de jeûne, l'autre au bout d'une période véritablement phénoménale de 49 mois, plus de 4 ans! Aucun cas d'abstinence d'une pareille durée n'a été signalé à ma connaissance et ce record d'un nouveau genre restera probablement longtemps avant d'être battu.

Plus récemment j'ai pu faire quelques remarques au sujet d'un énorme Python réticulé (*Python reticulatus*) mort après 2 ans et demi environ et surtout intéressant par la perte de poids survenue durant cette longue période.

Cet animal, entré à la ménagerie des Reptiles du Muséum le 17 novembre 1899, mesurait $6^{m},45$ de longueur. Sa coloration vive et brillante, son diamètre énorme, sa vivacité dénotaient un état de santé des plus florissants. Il se montrait d'ailleurs d'humeur fort agressive.

On commença par lui offrir les proies les plus diverses qu'il refusa obstinément. Moutons du Dahomey, lapins, oies, canards, poulets lui furent tour à tour présentés. Parfois, il lui arrivait d'étouffer dans les replis de ses anneaux l'un de ces animaux, mais il l'abandonnait dans sa cage sans y toucher. Il se contentait seulement de se baigner de temps à autre dans son bassin.[1]

Le Python continuant à ne pas prendre d'aliments se mit à diminuer de volume. La brillante et chatoyante couleur du début avait fait place à une teinte terne et grisâtre. Au commencement de l'année 1902 il était d'une maigreur étonnante, n'ayant plus, pour employer une expression familière mais pittoresque, que les os et la peau. Complètement

[1] Ce fait a une grande importance, car la mort survient bien plus rapidement chez les Ophidiens soumis au jeûne absolu, c'est-à-dire privés non seulement d'aliments solides, mais encore de tout liquide. En ce cas, d'après des expériences personnelles faites sur des Couleuvres à collier (*Tropidonotus natrix*) la mort semblerait arriver trois fois plus vite que lorsque ces Serpents ont la faculté de boire et de se baigner.

apathique et inoffensif, se laissant manier sans difficulté il demeurait inerte, immobile, enroulé dans un coin de la cage.

A plusieurs reprises on essaya de le gaver avec des œufs introduits dans la gueule, mais cette nourriture tardive ne produisit aucun résultat appréciable. Le corps se couvrit d'écorchures, des lambeaux de peau gangrenée se détachaient; le Serpent répandait une odeur nauséabonde, désagréable. La mort partielle et successive des organes précédait en quelque sorte la mort totale qui survint le 20 avril 1902, après 2 ans, 5 mois et 3 jours de jeûne.

L'animal dont le poids à l'arrivée était de 75 kg. ne pesait plus, mort, que 27 kg. La perte était donc de 48 kg. presque les $\frac{2}{3}$ du poids primitif!

On voit par ce rapide exposé que si les Serpents en général et les Pythons en particulier se montrent d'une gloutonnerie peu ordinaire en avalant des proies d'un volume étonnant, par contre assez souvent ils font preuve d'une sobriété dont on ne pourrait citer d'exemples comparables dans aucune autre classe de Vertébrés, et peut-être même dans toute la série zoologique. JACQUES PELLEGRIN, *La Nature.*

L'ODORAT DES ESCARGOTS

De tout temps on a mangé des escargots. Pour les avoir en abondance, il faut ou leur donner la chasse, ou les multiplier en captivité. Ces procédés ne sont pas nouveaux, car ils datent des Romains. Pline raconte, en effet, qu'au temps de Pompée il y avait à Rome un certain Fulvius Hirpinus qui élevait en grand les escargots. Il les conservait dans des enclos et les nourrissait avec une pâtée spéciale. Des procédés analogues ont été employés en Suisse et dans les contrées danubiennes. Les communications étaient alors difficiles; le poisson de mer ne pouvait être expédié régulièrement dans l'intérieur des terres. Aussi les seuls environs d'Ulm envoyaient-ils chaque année plus de 10 millions d'escargots aux couvents d'Autriche, qui les consommaient pendant le carême. De même, avant la Révolution, les côtes d'Aunis et de Saintonge cultivaient puis expédiaient aux Antilles des quantités prodigieuses d'escargots. De nos jours ce commerce n'existe plus, mais on mange toujours des escargots. Les plus recherchés sont l'escargot de vigne ou escargot de

naturelle de Paris. C'est ainsi qu'Auguste Duméril cite l'exemple d'une Couleuvre de l'Amérique du Nord (*Calopisma abacura*) restée 15 mois sans prendre de nourriture et d'un Crotale (*Crotalus durissus*) qui ne se décida à manger qu'au bout de 26 mois. M. le professeur Vaillant mentionne un Pélophile (*Pelophilus madagascariensis*) encore vivant au bout de 23 mois de jeûne et un Python (*Python Sebae*) n'acceptant la proie qu'on lui offrait qu'au bout de 29 mois passés.

Moi-même j'ai pu observer deux Pélophiles extraordinaires sous le rapport de la sobriété. L'un est mort après 3 ans environ de jeûne, l'autre au bout d'une période véritablement phénoménale de 49 mois, plus de 4 ans! Aucun cas d'abstinence d'une pareille durée n'a été signalé à ma connaissance et ce record d'un nouveau genre restera probablement longtemps avant d'être battu.

Plus récemment j'ai pu faire quelques remarques au sujet d'un énorme Python réticulé (*Python reticulatus*) mort après 2 ans et demi environ et surtout intéressant par la perte de poids survenue durant cette longue période.

Cet animal, entré à la ménagerie des Reptiles du Muséum le 17 novembre 1899, mesurait $6^{m},45$ de longueur. Sa coloration vive et brillante, son diamètre énorme, sa vivacité dénotaient un état de santé des plus florissants. Il se montrait d'ailleurs d'humeur fort agressive.

On commença par lui offrir les proies les plus diverses qu'il refusa obstinément. Moutons du Dahomey, lapins, oies, canards, poulets lui furent tour à tour présentés. Parfois, il lui arrivait d'étouffer dans les replis de ses anneaux l'un de ces animaux, mais il l'abandonnait dans sa cage sans y toucher. Il se contentait seulement de se baigner de temps à autre dans son bassin.[1]

Le Python continuant à ne pas prendre d'aliments se mit à diminuer de volume. La brillante et chatoyante couleur du début avait fait place à une teinte terne et grisâtre. Au commencement de l'année 1902 il était d'une maigreur étonnante, n'ayant plus, pour employer une expression familière mais pittoresque, que les os et la peau. Complètement

[1] Ce fait a une grande importance, car la mort survient bien plus rapidement chez les Ophidiens soumis au jeûne absolu, c'est-à-dire privés non seulement d'aliments solides, mais encore de tout liquide. En ce cas, d'après des expériences personnelles faites sur des Couleuvres à collier (*Tropidonotus natrix*) la mort semblerait arriver trois fois plus vite que lorsque ces Serpents ont la faculté de boire et de se baigner.

apathique et inoffensif, se laissant manier sans difficulté il demeurait inerte, immobile, enroulé dans un coin de la cage.

A plusieurs reprises on essaya de le gaver avec des œufs introduits dans la gueule, mais cette nourriture tardive ne produisit aucun résultat appréciable. Le corps se couvrit d'écorchures, des lambeaux de peau gangrenée se détachaient; le Serpent répandait une odeur nauséabonde, désagréable. La mort partielle et successive des organes précédait en quelque sorte la mort totale qui survint le 20 avril 1902, après 2 ans, 5 mois et 3 jours de jeûne.

L'animal dont le poids à l'arrivée était de 75 kg. ne pesait plus, mort, que 27 kg. La perte était donc de 48 kg. presque les $\frac{2}{3}$ du poids primitif!

On voit par ce rapide exposé que si les Serpents en général et les Pythons en particulier se montrent d'une gloutonnerie peu ordinaire en avalant des proies d'un volume étonnant, par contre assez souvent ils font preuve d'une sobriété dont on ne pourrait citer d'exemples comparables dans aucune autre classe de Vertébrés, et peut-être même dans toute la série zoologique. JACQUES PELLEGRIN, *La Nature.*

L'ODORAT DES ESCARGOTS

De tout temps on a mangé des escargots. Pour les avoir en abondance, il faut ou leur donner la chasse, ou les multiplier en captivité. Ces procédés ne sont pas nouveaux, car ils datent des Romains. Pline raconte, en effet, qu'au temps de Pompée il y avait à Rome un certain Fulvius Hirpinus qui élevait en grand les escargots. Il les conservait dans des enclos et les nourrissait avec une pâtée spéciale. Des procédés analogues ont été employés en Suisse et dans les contrées danubiennes. Les communications étaient alors difficiles; le poisson de mer ne pouvait être expédié régulièrement dans l'intérieur des terres. Aussi les seuls environs d'Ulm envoyaient-ils chaque année plus de 10 millions d'escargots aux couvents d'Autriche, qui les consommaient pendant le carême. De même, avant la Révolution, les côtes d'Aunis et de Saintonge cultivaient puis expédiaient aux Antilles des quantités prodigieuses d'escargots. De nos jours ce commerce n'existe plus, mais on mange toujours des escargots. Les plus recherchés sont l'escargot de vigne ou escargot de

Bourgogne, "Helix pomatia," dans le Nord, et l'escargot chagriné, "Helix aspersa," dans le Midi. Les populations méridionales sont surtout friandes de ces mollusques : à Naples, à Venise, à Palerme, on en consomme des quantités considérables. Des marchands ambulants les préparent et les débitent en plein air.

En France, il y a encore des escargotières, par exemple dans le département de l'Aube. Ce sont des endroits enclos, ombragés, où l'on cultive des plantes odorantes : thym, menthe, sarriette, persil, cerfeuil. On suppose donc que ces animaux ont un bon odorat. Un naturaliste français, Moquin-Tandon, pensait même que le grand tentacule était spécialement leur organe olfactif. Les recherches toutes récentes de M. Yung nous apprennent que l'escargot peut sentir les odeurs par toute la surface du corps non emprisonnée dans la coquille. Si on lui enlève ses tentacules, il peut encore fuir les odeurs désagréables. Cette sensibilité olfactive, ce flair, est peu développé. M. Yung s'est assuré qu'au delà de 40 centimètres, l'escargot est incapable de sentir, même des corps odorants dont il est friand, tels qu'un melon très mûr. Il ne faut donc pas trop compter sur l'odorat des escargots pour les attirer et faciliter leur capture. Ce sens ne les empêche pas de brouter des plantes vénéneuses, comme la belladone, le laurier-rose. Aussi a-t-on observé des empoisonnements produits par des escargots recueillis au voisinage de ces végétaux. Il est prudent de ne manger ces mollusques qu'après les avoir faits longtemps jeûner et seulement lorsqu'ils ont expulsé tous leurs excréments. Malgré ces précautions, ils peuvent, dans certains cas, causer de l'urticaire.

L'escargot a du reste une chair peu sapide, coriace et de digestion difficile. Le plus répandu, l'escargot de Bourgogne, est aussi le plus dur. Le meilleur serait l'escargot naticoïde, "Helix aperta," la "Tapadota" des Italiens. Malheureusement, il est peu répandu et difficile à capturer.

M. LANGERON, *La Nature.*

LA BOTANIQUE CRYPTOGAMIQUE

Il faudrait bien se garder de croire que les caractères des êtres organisés sont tellement précis, tellement clairs, tellement absolus en un mot, qu'il soit possible de les ranger dans

des casiers spéciaux sans qu'il puisse y avoir un instant d'hésitation. Bien des gens, bien des savants même, croient que tout végétal, que tout animal porte sur lui une livrée assez définie pour que, de suite, on puisse l'étiqueter et savoir dans quelle classe, dans quel genre, dans quelle espèce il rentre ; l'on est, pour eux, un sujet de grand étonnement quand on prétend qu'il n'en est point ainsi et que plus on étudie, plus on voit s'émietter les différences, disparaître les caractères. Pourtant cela est vrai : il n'existe de criterium ni pour l'espèce, ni pour le genre, ni pour la famille ; bien plus, et nous allons le prouver dans un instant, il n'en est pas pour séparer les Règnes de la nature. Il y a loin de là à l'opinion qu'on se fait volontiers quand on ne juge que par les contrastes : quand on nous aura suivi dans l'étude des infiniment rudimentaires, on verra qu'il est devenu impossible de décider si leurs représentants appartiennent à un Règne plutôt qu'à l'autre. Au reste, en est-il autrement pour les espèces d'ordre plus élevé ? Quel est le classificateur consciencieux qui n'a pas souvent hésité sur la place à assigner à telle ou telle plante ? ne s'est-il pas senti comme tiraillé en sens divers par des espèces différentes réclamant toutes avec le même acharnement et les mêmes bonnes raisons, l'échantillon à placer ? Il n'en peut-être autrement. Lorsqu'un rayon de lumière blanche traverse un prisme, elle se décompose, et l'œil aperçoit sept couleurs différentes partageant le spectre en sept bandes superposées. Les couleurs de chacune de ces bandes sont bien nettes, bien distinctes les unes des autres quand on examine la partie centrale de chacune d'elles ; mais qu'on essaye de passer d'une bande à l'autre et de dire, par exemple, quelle est la limite absolue qui sépare le rouge de l'orangé, l'on verra que cela est impossible : on passe insensiblement du rouge à l'orangé et, de même, de l'orangé au jaune, du jaune au vert, du vert au bleu, du bleu à l'indigo, qui nous ramène au rouge ; les teintes voisines se fondent entre elles. Il en est ainsi de tout. Dans la nature, tout s'enchaîne, tout se tient ; c'est ce qui fait l'harmonie ; pour établir une espèce, un genre, une famille, il faut nécessairement rompre des affinités naturelles : à cette cause tient la mobilité de nos classifications. Brewster, trouvant difficile de séparer les sept bandes du spectre, n'en admet que trois : le rouge, le jaune et le bleu ; mais il est tout aussi difficile de séparer ces trois qu'il était difficile de limiter les sept. De même, pour les organismes vivants, on a beau étendre

ou rétrécir les limites dans lesquelles on les enserre, la coupure est toujours une divulsion violente.

Chez les Cryptogames, on peut dire aussi que toute délimitation est une dislocation, *natura non facit saltus*. Cependant, l'enchaînement ne peut se faire toujours, et l'on reconnaît qu'il existe des abîmes entre certains groupes; vainement on cherche parmi les organismes vivants, on ne peut trouver les chaînons, et l'on est un instant tenté alors de croire que ces séparations sont naturelles; mais on ne tarde pas à reconnaître que ces chaînons ont existé; chaque jour la paléontologie retrouve l'un d'eux égaré parmi ces débris des âges qui nous ont précédés et que nous avons appelé des fossiles.

N. L. MARCHAND, *Botanique Cryptogamique.*

LIMITES DU GROUPE

Donc, dans la nature, aucun caractère absolu, et par suite rien de séparé, rien de limité brusquement, partout des transitions. Si cela se rencontre à chaque pas en Phanérogamie, comme le prouvent les interversions que les classificateurs font sans cesse subir aux membres qui composent les espèces, les genres, les familles, etc., on doit s'attendre à ce que cela se retrouve, d'une manière bien plus accentuée encore, en Cryptogamie. Les Phanérogames, en effet, grâce à la complication de leur organisation, présentent des caractères d'ordres différents qui pour n'être pas absolus, n'en sont pas moins appréciables et permettent en les réunissant de formuler une diagnose; les Cryptogames n'ont, en général, que des caractères négatifs, et leur simplicité de structure n'offre pas grande ressource au descripteur.

Aussi ce groupe a-t-il été bien diversement composé par les classificateurs: les uns le rétrécissent, les autres l'élargissent suivant la tendance de leur esprit ou la prédominance d'une idée préconçue qu'ils prennent au sérieux et au nom de laquelle ils décrètent des lois à la nature. De même, on voit les frontières des nations fluctuer, suivant les hasards de la guerre ou les habiletés de la diplomatie, et se placer tantôt en deçà tantôt au delà, les provinces limitrophes passant au plus fort ou au plus habile, ce qui prouve que les frontières politiques ne sont, pas plus que les autres, absolues et naturelles. Toute frontière n'est qu'une ligne fictive et de convention. En histoire naturelle, nous sommes obligés d'en

poser, afin de morceler le sujet et de l'envisager par portions successives, parce que nous ne sommes pas de taille à l'embrasser dans la grandeur et la majesté de son ensemble. Ces lignes frontières nous sont indispensables, mais il ne faut pas leur attacher plus d'importance qu'elles n'en ont. Le groupe qui nous occupe, constitué comme nous l'avons dit, n'a donc que des limites artificielles. Les premiers sous-groupes : Fougères, Prèles, Lycopodes, etc., par leurs formes extérieures, et par leur structure, se rapprochent beaucoup des plantes Phanérogames, assez même pour que certains botanistes les y aient réunies ; les Algues et les Champignons, au contraire, par leurs derniers représentants, par ceux qui ne se composent que d'un atome de substance vivante, se rapprochent des derniers animaux, qu'ils côtoient un certain temps, pour se fondre avec eux et aller ensemble à la rencontre de la matière azotée non vivante, dernier et suprême terme de la chimie organique.

Avant de pousser plus loin et d'étudier en détail les richesses de notre domaine, il nous faut voir quelles sont au juste nos rapports de voisinage ; il nous faut démontrer l'état des barrières qui, d'après ce que nous venons de dire, sont établies : 1° entre les Cryptogames et les Phanérogames ; 2° entre les Cryptogames et les animaux ; 3° entre les Cryptogames et les corps non doués de ce qu'on est convenu d'appeler la Vie et qui sont dits corps non organisés.

N. L. Marchand, *Botanique Cryptogamique.*

CANNE À SUCRE

La Canne à sucre paraît être originaire du Bengale, de l'Indo-Chine, de Java, de Bornéo et d'un grand nombre d'autres îles de l'archipel Malais, d'où elle aurait été importée dans les parties chaudes de l'ancien et du nouveau monde.

D'après Kurt Sprengel, elle est probablement connue dans l'Inde depuis un temps immémorial et c'est au Bengale que l'on paraît avoir le plus anciennement fabriqué le sucre, car son nom, dans toutes les langues de l'Asie occidentale et de l'Europe, dérive du mot sanscrit *Sharkara,* qui indique une substance ayant la forme de petits cailloux. Le sucre brut est désigné dans le sanscrit sous le nom de *Gura,* et ce mot se retrouve avec la même signification dans l'archipel Malais.

Cette denrée ne fut connue en Europe que dans le commencement de l'ère actuelle.

La canne est aujourd'hui cultivée dans toutes les contrées où la température moyenne ne descend pas au-dessons de 20°, et il importe de remarquer qu'elle renferme d'autant plus de sucre que la température est plus élevée; en effet, la densité du jus sucré qu'on en extrait en Espagne et en Algérie varie seulement de 6,50 à 9 au maximum à l'aréomètre de Baumé, tandis qu'elle est de 10 à 13 au Brésil, dans les Antilles et dans l'Inde.

La canne demande une température régulière chaude, humide, et une lumière très vive. Les gelées, même les plus faibles, l'endommagent de telle façon qu'il n'a pas été possible de conserver sa culture dans la Provence, dans la Napolitaine. Cette plante appartient donc, sans conteste, à la culture tropicale.

Le *Saccharum officinarum*, L. appartient au grand ordre des Monocotylédones, à la famille des Graminées et à la tribu des Andropogonées.

C'est une plante herbacée à souche vivace, dont les tiges pleines sont hautes de 1^{m},50 à 3 ou même 5 mètres, d'un diamètre variant de 35 millimètres à 4 centimètres, colorées en jaune, en rouge foncé, en vert, etc., à nœuds peu saillants et d'autant plus distants les uns des autres que la croissance a été plus rapide. Dans les variétés les plus estimées, cette distance peut être de 10 à 12 et même 16 centimètres.

Les feuilles sont distiques, rapprochées, emboîtées, formées d'une longue gaine ouverte, à l'ouverture de laquelle se trouve une couronne de poils dressés; la ligule est courte, entière, arquée; le limbe, long de 60 centimètres à 1^{m},20, est dressé d'abord, puis étalé, plan, atténué, aigu au sommet, à bords finement serrulés. Leur ligne médiane est creusée d'un sillon profond, pâle, convexe en dessous. Ces feuilles se détruisent de bonne heure de bas en haut. Les fleurs sont disposées en une grande panicule terminale, soyeuse, blanchâtre, appelée flèche, étalée, à forme générale à peu près pyramidale, dressée, longue de 30 à 90 centimètres, blanchâtres ou grisâtres.

Les rameaux de cette grande inflorescence sont alternes et étalés, striés. Ils portent un grand nombre d'épillets uniflores disposés par paires, l'un sessile sur le rachis, l'autre courtement pédonculé, tous deux articulés. Leur base est garnie d'une couronne épaisse de longs poils blancs et soyeux. Chaque épillet offre deux bractées ou glumes, l'une inférieure et

externe, binerve, embrassant la seconde, uninerve, qui est un peu plus élevée et interne ; elles sont toutes les deux membraneuses, lisses.

En dedans des deux glumes, chaque épillet porte deux fleurs, dont l'une, l'inférieure, avorte et se trouve réduite à une seule bractée. La fleur fertile est munie de deux bractées ou glumelles, l'une uninerviée, l'autre binerviée.

En dedans de ces bractées se trouvent deux petites écailles distinctes, obscurément divisées au sommet en deux ou trois lobes.

L'androcée se compose de trois étamines indépendantes, à filets grêles et allongés, à antheres versatiles, oblongues, biloculaires, introrses, déhiscentes par deux fentes longitudinales.

L'ovaire supère, uniloculaire, lisse, ovoïde, est surmonté de deux longs styles dont les extrémités stigmatiques ont la forme d'aigrettes à poils simples, rouges, dentés. La loge ovarienne renferme un seul ovule anatrope, inséré dans son angle interne. Le fruit est un caryopse lisse contenant une graine à albumen féculent et un embryon latéral, analogue à celui des Graminées.

DUJARDIN-BEAUMETZ ET ÉGASSE, *Les Plantes médicinales.*

INDIGO

On désigne sous le nom d'Indigo la matière colorante bleue que l'on extrait des feuilles de plusieurs espèces de plantes appartenant à la famille des Légumineuses papilionacées, tribu des Galégées, sous-tribu des Indigofères.

Les especes les plus estimées et les plus cultivées sont les suivantes :

1°. *Indigofera tinctoria, L.*—Cet arbrisseau, originaire de Guzzerat, cultivé dans les Indes orientales, acclimaté dans tous les pays chauds, est bisannuel, rameux, couvert de poils blanchâtres courts, à feuilles imparipennées formées de 5 à 6 paires de folioles oblongues, ovales, terminées par une foliole impaire et accompagnées à leur base de stipules subulées, droites ou incurvées. Fleurs petites, blanchâtres ou rosées, disposées en grappes simples à l'aisselle des feuilles et plus courtes qu'elles. Étamines diadelphes (9–1). Gousse presque cylindrique, plus ou moins courbée, renfermant une dizaine de graines tronquées aux deux extrémités et cylindriques.

2°. *Indigofera Anil, L.*—Plante sous-frutescente, à rameaux blanchâtres, 3 à 7 folioles, opposées, spatulées, oblongues, blanchâtres en dessous ; stipules subulées. Gousse oblongue, linéaire, cylindrique, non toruleuse, à 3 à 6 graines. Espèce originaire des Indes orientales et naturalisée dans l'Afrique tropicale, les Antilles, le Brésil.

3°. *Indigofera argentea, L.* (Indigotier d'[illegible] [illegible] en Égypte, en Arabie ; il se distingue par ses [illegible] duveteuses.

Les espèces moins estimées sont : *Indigofera hirsuta* (annuel), *viscosa* (annuel), *subulata* (suffrutescent), etc.

La culture de l'indigotier et l'extraction de la matière colorante que renferment ses feuilles varient suivant les pays. Nous prenons les deux extrêmes, les procédés primitifs du Sénégal, et ceux mieux compris des factoreries anglaises du Bengale, renommées pour leurs excellents produits.

Au Sénégal, les noirs sèment les graines d'indigofère à la saison des pluies, et font la récolte en novembre et décembre, avant la floraison. La plante est coupée au ras du sol, et comme sa croissance est extrêmement rapide, on peut renouveler cette opération plusieurs fois dans l'année, mais la dernière coupe donne un produit de qualité inférieure. Les tiges sont débarrassées de leurs feuilles, qu'on pile dans un mortier de bois de façon à en former une sorte de pâte qui est moulée en pains irrégulièrement arrondis ; on fait sécher ces derniers au soleil. Lorsque les indigènes veulent s'en servir pour teindre leurs étoffes, ils divisent les pains en fragments menus qu'ils placent dans un grand vase d'argile avec une certaine quantité d'eau chargée de potasse que l'on obtient en lessivant dans un vase percé de petits trous, appelé *lambara*, les cendres de la tige du gros mil ou de diverses plantes. La fermentation commence le quatrième jour, et après quatre autres jours, c'est-à-dire huit jours en tout, le liquide peut être employé. On le bat vigoureusement, de façon à le mettre en contact avec l'air, et on y plonge les pièces d'étoffe, qu'on agite continuellement ou qu'on laisse en repos suivant la nuance qu'on veut obtenir. Après six ou huit jours pendant lesquels l'étoffe est successivement séchée au soleil, lavée à grande eau et replongée ensuite dans la teinture, l'opération est terminée.

Ce sont surtout les femmes qui sont chargées de ces soins, et la teinte bleue communiquée aux fibres textiles qu'elles emploient est de telle nature qu'elle n'est plus altérée ni par

les lavages, ni par l'action des rayons solaires. Toutes ces manipulations, résultant de l'expérience, s'expliquent fort bien, comme nous le verrons au point de vue chimique.

Les pains de feuilles d'indigotier font au Sénégal l'objet d'un commerce actif avec l'intérieur du pays. Ils sont extrêmement rares dans le commerce européen, bien qu'ils soient fort appréciés par lui.

M. Kœchlin-Schwartz a donné dans le *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse* des renseignements très complets sur la façon dont l'indigo se prépare dans le Bas-Bengale et que nous reproduisons ici pour indiquer la préparation typique, car les indigos de cette partie de l'Inde jouissent d'une réputation fort méritée. La factory, toujours établie sur les bords du fleuve, comprend des filtres, des presses, une chaudiere, des réservoirs d'eau en deux rangées superposées de 15 à 20 cuves chacune. Ces cuves sont des carrés de 6 mètres à $6^{m},50$ de côté sur 1 mètre de profondeur, construits en maçonnerie, murés de briques et revêtus de stuc qui les rend imperméables. La seconde rangée de cuves est à 90 centimètres environ au-dessus de la première, et c'est dans ces cuves que l'on place l'indigo récolté le matin. Chacune d'elles contient environ cent paquets, que l'on recouvre de grosses traverses en bois, serrées avec des coins et qui doivent maintenir les plantes aussi tassées que possible, car sans cette précaution la fermentation ne s'effectue pas aussi régulièrement. A l'entrée de la nuit, on remplit ces cuves d'eau à l'aide de vannes; neuf à quatorze heures de contact suffisent en général, et pour s'assurer de la marche de l'opération on examine une petite quantité du liquide, qui donnera un produit moins abondant mais de meilleure qualité s'il est jaune paille et non jaune d'or trouble. A l'aide de vannes, on fait couler le liquide des cuves supérieures dans les cuves inférieures, où on le laisse reposer quelques instants, puis des hommes munis de bambous le battent pendant deux ou trois heures. Le liquide passe peu à peu au vert pâle et tient en suspension de petits flocons d'indigo. Après un repos d'une demi-heure on enlève successivement les tampons qui bouchent des ouvertures placées à diverses distances sur la paroi des cuves et on fait écouler l'eau pendant que l'indigo se tasse au fond de la cuve sous forme de bouillie peu épaisse que l'on reçoit dans une fosse maçonnée et stuquée. Cette bouillie est montée par une pompe dans une chaudière où elle subit, pendant quelques instants, l'action de la chaleur

destinée à arrêter une seconde *fermentation qui gâterait* le produit en le colorant en noir. On laisse ensuite reposer pendant vingt heures et on recommence l'ébullition pendant trois ou quatre heures. Le dépôt bouillant passe de là sur un filtre où il s'égoutte. Ce filtre, de dimensions considérables, consiste en une cuve imperméable, de 6 mètres de longueur sur 2 mètres de largeur et 90 centimètres de profondeur, couverte de bambous sur lesquels on dispose des nattes de jonc très serrées recouvertes d'une toile forte et bien tendue. L'eau passe et il reste sur la toile une pâte épaisse d'un bleu foncé presque noir, que l'on place dans de petites caisses en bois percées de trous et dont le fond est garni d'une toile épaisse qui agit comme un filtre.

On recouvre la pâte d'un fragment d'étoffe, puis d'un couvercle en bois percé de trous, et on soumet à la presse pour faire écouler le plus d'eau possible. Comme l'eau qui a passé à travers le premier filtre contient encore de l'indigo, on décante après repos et le dépôt est traité le lendemain avec l'indigo frais. Au sortir de la presse, les pains d'indigo sont mis au séchoir, grand bâtiment percé d'un grand nombre de fenêtres garnies de jalousies très serrées, pour empêcher l'action des rayons solaires, mais permettant cependant la libre circulation de l'air. Ce séchoir est entouré d'arbres très touffus. Après trois ou cinq jours, les pains sont assez secs pour pouvoir être emballés dans de petites caisses. Une cuve *donne de 18 à 25 kilogrammes d'indigo si la plante est* récoltée sur un terrain d'alluvion, et 26 à 32 kilogrammes s'il est glaiseux. Mais, dans ce dernier cas, le produit est moins estimé.

Cette description, d'après M. Kœchlin-Schwartz, ne s'applique qu'aux factoreries dirigées par les Anglais. Les procédés employés par les indigènes sont à peu près les mêmes ; mais, comme ils apportent beaucoup moins de soins, les produits qu'ils obtiennent sont de qualité inférieure aux premiers.

Les premières sortes d'indigo du Bengale sont sous forme de gros morceaux prismatiques à pâte fine, unie, d'un bleu violacé foncé. Leur odeur est nulle et ne devient sensible que lorsqu'on les brûle. Leur saveur est également nulle ; ils happent à la langue, prennent un beau poli cuivré quand on les frotte avec l'ongle et se pulvérisent facilement. La cassure fraîche présente un magnifique reflet bleu pourpre. Ils ne renferment en général que 72 % au plus d'indigotine.

On préfère les indigos violet rouge à ton pourpré, qui sont plus denses, plus durs, et qui donnent de meilleures cuves.

L'indigo, chauffé dans un creuset, répand des vapeurs pourpres qui se condensent sur les corps froids en petites aiguilles brillantes, d'aspect metallique et cuivré, qui ne sont autres que l'indigotine. Le résidu est composé de matières terreuses et d'oxyde de fer. L'indigo est inaltérable à l'air. Il est insoluble dans tous les véhicules, excepté dans l'acide sulfurique concentré, et cette solution est connue sous le nom de bleu de Saxe, de sulfate d'indigo, etc. Elle est décolorée par le chlore et les hypochlorites. Les acides azotique et chromique le décolorent et le transforment en produits variables suivant les circonstances, et surtout en isatine rouge brun et acide indigotique cristallisant en aiguilles jaunes.

La solution concentrée et bouillante des alcalis change l'indigo en partie en isatine, puis en acides normaux azotés (acides anthranilique et chrysanilique).

DUJARDIN-BEAUMETZ ET ÉGASSE, *Les Plantes médicinales.*

THE

On s'accorde aujourd'hui à regarder comme des variétés ou des formes d'une seule espèce le *Thea chinensis Sims.* C'est, à l'état sauvage, un arbuste de taille assez élevée, mais que l'on maintient par la culture à une hauteur de 1 à 2 mètres pour faire plus aisément la récolte de ses feuilles. Feuilles alternes, persistantes, brièvement pétiolées, ovales, lancéolées, aigues ou obtuses aux extrémités, serratées, épaisses, un peu coriaces, penninerves, vertes et glabres en dessus, pubescentes en dessous. Fleurs axillaires, solitaires, blanches ou un peu jaunâtres, régulières, hermaphrodites. Chalice à 5 sépales arrondis ou ovales. Corolle à 5 pétales arrondis et convexes. Étamines en nombre indéfini, unies avec la base de la corolle, et légèrement entre elles à leur base. Ovaire libre, à 3 loges renfermant chacune 4 ovules. Style creux et divisé en 3 branches stigmatifères. Le fruit, qui reste longtemps vert charnu, devient une capsule loculicide, à 3 loges uni- ou biséminées. Les graines ne sont pas albuminées. On avait admis que le Thé, qui est cultivé sur une vaste échelle en Chine, était originaire de cette contrée. On le regarde aujourd'hui comme probablement sorti de l'Assam supérieur.

On le cultive au Japon, dans l'Inde, l'Amérique du Sud, dans certaines des colonies européennes, et il supporte même fort bien le climat du midi de la France et du bassin méditerranéen. Mais, malgré les essais d'acclimatation plus ou moins réussis qui ont été faits, ce sont surtout la Chine et le Japon qui le fournissent au monde entier, bien que cependant, en 1887, la proportion de Thé cultivé dans l'Inde, l'Assam surtout, et importé en Angleterre, ait égalé celle du Thé de Chine.

Cet arbuste extrêmement robuste, car il croît aussi bien au bord de la mer que sur les lieux les plus élevés, à la condition toutefois d'y trouver la quantité de chaleur qui lui est nécessaire, cet arbuste se propage par graines que l'on place au nombre de 6 à 8 dans des trous creusés à une certaine distance l'un de l'autre. En Chine, le champ tout entier est couvert de plantations. Au Japon, l'arbuste n'est planté que sur les bords des rizières et des champs de blé. A 3 ans, le plant peut donner des feuilles. Quand il a atteint 7 à 10 ans on le coupe, de façon que les rejetons qui surgissent de la souche donnent une récolte abondante. Cette récolte se fait trois fois: en février, au commencement d'août et en juin. Les feuilles de février, qui sont plus jeunes, sont beaucoup plus estimées que les autres. Ce sont les femmes qui se livrent à ce travail. Bien que le Thé pousse aussi bien dans les environs de Pékin, dont l'hiver est cependant fort rude, qu'auprès de Canton, on admet cependant que la qualité des feuilles dépend de la nature du sol, de sa situation, du climat, du mode de culture, et on regarde comme les meilleures celles qui, à égalité, ont poussé sur les pentes tournées vers le sud.

Après leur récolte, les feuilles sont séchées rapidement, de façon qu'elles conservent leur couleur, sur des vases de fer peu profonds, que l'on chauffe à une température peu élevée. Quand elles ont perdu une partie de leur eau de végétation, on les enlève, on les roule encore chaudes entre les doigts ou sur la paume de la main, de façon à leur donner la forme roulée sous laquelle elles se présentent le plus ordinairement. Elles constituent alors les Thés verts.

Le Thé noir est obtenu en ne séchant les feuilles qu'un certain temps après leur récolte. Elles ont alors subi un commencement d'altération, de fermentation, qui altère leur couleur et amène dans leur composition entière des modifications assez importantes.

Au Japon, la préparation du Thé diffère de celle que l'on suit en Chine en ce que les feuilles ne sont pas abandonnées à la fermentation, mais après avoir été humectées et refroidies, elles sont de nouveau passées au four, et en ce que le Thé n'est pas mélangé de substances odoriférantes. La proportion de théine est de 2 à 4 % ; celle du tanin, de 0·17 à 0·20 %.

A Ceylan, où la culture du Thé est aujourd'hui fort étendue, on emploie les procédés suivants :

La récolte des feuilles se fait avec les plus grandes précautions, surtout pour les sortes estimées. On ne touche qu'aux rameaux les plus jeunes, en enlevant deux feuilles et le bourgeon à feuilles, et ayant soin de respecter les yeux qui doivent régénérer de nouveaux bourgeons.

Chaque collecteur porte un panier dans lequel il place sa récolte, qu'il fait deux fois par jour, et que l'on envoie le plus tôt possible dans les magasins. Quand les feuilles ont subi une dessiccation suffisante, produite par un courant d'air sec lancé par des machines, elles passent dans une machine qui les roule mieux que la main. Elles sont ensuite placées en petits tas sur des tables où elles subissent une légère fermentation et on les place dans des appareils chauffés, où elles subissent la torréfaction nécessaire et suffisante. Il suffit ensuite de les assortir pour la vente.

Chacune de ces opérations doit être faite avec une précision mathématique, sous peine de voir le Thé perdre de sa valeur. Si la feuille est laissée sur la plante un jour de trop, si on la récolte un jour trop tôt, si elle n'est pas desséchée au moment opportun, si la fermentation est trop prolongée, si elle est roulée trop ou insuffisamment, si la dessiccation au feu n'est pas surveillée à la seconde pour ainsi dire, l'infusion peut devenir nauséeuse et perdre ses propriétés stimulantes et agréables. Ici, c'est la machine qui remplace la main de l'homme comme en Chine, et les résultats paraissent être très bons.

Quel que soit le mode de récolte employé, on ne recueille que les feuilles jeunes, et ceci a physiologiquement sa raison d'être. La proportion des constituants organiques azotés, y compris la théine, diminue régulièrement en même temps que celle des substances solubles non azotées, tandis que les matières grasses s'accumulent rapidement. La proportion des fibres ligneuses augmente beaucoup dans les premières semaines, puis elle reste constante. La plus grande modification est dans la composition des cendres. Les quantités de

potasse et d'acide phosphorique diminuent rapidement, en même temps que celles de la chaux, de la magnésie, de l'oxyde de fer, augmentent dans des proportions correspondantes. Les Thés présentent, suivant leur coloration, des propriétés physiques différentes qui en entraînent d'autres dans leurs propriétés organoleptiques.

Les Thés verts sont caractérisés par leur couleur vert foncé plus ou moins teinté de bleu ou de brun. Leur odeur est particulière, un peu aromatique, leur saveur est astringente, légèrement âcre, et d'une amertume agréable. Leur infusion a une couleur jaune verdâtre plus ou moins prononcée, son odeur et sa saveur sont celles des feuilles.

La couleur verte ne serait pas toujours naturelle, s'il faut en croire les résultats de l'enquête faite à Londres par une commission sanitaire. Les Chinois ajouteraient par 20 livres de feuilles une cuillerée de sulfate de chaux naturel ou gypse, une cuillerée de curcuma et deux ou trois cuillerées d'indigo passé à travers une fine mousseline. On roule pendant une heure au moins le Thé dans ce mélange ; l'indigo et le curcuma colorent en vert, le sulfate de chaux fixe la couleur et communique aux feuilles un aspect qui rappelle celui du duvet des jeunes feuilles. On obtient ainsi une belle coloration verte, qui à vrai dire ne constitue pas une falsification. Mais il n'en est pas de même quand on remplace l'indigo par le bleu de Prusse. Les Thés noirs se distinguent par leur coloration brun foncé. Ils sont généralement moins bien roulés que les premiers, plus légers, et sont mélangés de pétioles. Leur odeur, bien qu'aromatique, est un peu différente. Leur saveur est astringente, mais moins que celle des Thés verts. L'infusion est foncée.

DUJARDIN-BEAUMETZ ET ÉGASSE, *Les Plantes médicinales.*

CAFÉ

Le Caféier d'Arabie (*Coffea arabica, L.*) est un arbrisseau appartenant à la famille des Rubiacées, section des Cofféés. On le regarde généralement comme originaire des provinces méridionales de la Haute-Abyssinie, d'où il aurait été transporté en Arabie-Heureuse ou Yémen, vers la fin du XV^e^ siècle. Cependant, comme il croît en abondance dans cette partie du globe, quelques botanistes le croient originaire de

l'Yémen. On l'a rencontré aussi à l'état sauvage à Roi-Nunez, à la Réunion et au Brésil. Les Hollandais importèrent les premiers le Caféier en Europe. En 1690, Van-Horn parvint à s'en procurer quelques pieds à Moka, et les introduisit à Batavia, où ils réussirent parfaitement. Il envoya à Amsterdam, en 1710, un plant que l'on parvint à multiplier par graines. En 1712, un pied fut remis à Louis XIV, qui le fit placer dans les serres du Jardin des Plantes, où il fructifia fort bien. Peu de temps après, on en expédia trois pieds aux Antilles par les soins de Declieux, gentilhomme normand, enseigne de vaisseau, qui ne parvint, dit-on, à en conserver un qu'en partageant avec lui sa ration d'eau. C'est de ce pied que sont sorties les plantations de la Guadeloupe, de la Martinique, de la Guyane, de Saint-Domingue, et de toutes les autres colonies européennes, excepté toutefois les colonies hollandaises. Le Caféier est un petit arbre toujours vert, à forme pyramidale, pouvant atteindre une hauteur de 5 à 6 mètres. Sa tige est cylindrique ; ses branches sont opposées, un peu noueuses, flexibles et grisâtres. Les feuilles sont opposées, persistantes, presque sessiles, simples, entières, et accompagnées à leur base de stipules intrapétiolaires, acuminées et réunies en gaine. Ces feuilles sont ovales, allongées, pointues, un peu sinueuses sur les bords, glabres, d'un vert foncé luisant, à nervures saillantes. Les fleurs, d'un blanc légèrement rosé et d'une odeur suave, sont disposées en cymes composées à l'aisselle des feuilles supérieures. Elles sont régulières, hermaphrodites, à pédicelle court, et accompagnées de bractées et de bractéoles.

Le calice est gamosépale, court, turbiné, à 5 petites dents égales.

La corolle est gamopétale, un peu hypocratériforme, à tube plus long que le calice, à limbe composé de 5 lobes lancéolés, pointus.

Les étamines, au nombre de 5, insérées sur la gorge de la corolle, ont leurs filets libres, courts, et des anthères dorsifixes, allongées, étroites et biloculaires.

L'ovaire infère est à deux loges renfermant chacune un seul ovule, inséré dans l'angle interne, incomplètement anatrope. Le style est simple et terminé par un stigmate bifide.

Le fruit est une baie de la grosseur d'une petite cerise, ovoïde, d'abord verte, puis rouge, et enfin noirâtre, à chair dure,

peu épaisse, jaunâtre, renfermant deux noyaux parcheminés ellipsoïdes, plans d'un côté et accolés par leur face aplatie.

La graine, plan-convexe, présente, sous un mince tégument, un albumen corné, involuté sur les bords, et un embryon excentrique, à cotylédons foliacés, à radicule infère.

On connaît depuis peu de temps une espèce nouvelle, le *Coffea liberica Hiern*, existant à l'état sauvage sur la côte de Liberia qui s'étend du cap des Palmes à Sierra-Leone, et dans plusieurs autres localités de l'Afrique tropicale occidentale. La qualité, le volume de ses graines, sa croissance vigoureuse et la facilité avec laquelle elle résiste aux parasites qui commencent à décimer les plantations du Café d'Arabie, rendent cette plante des plus précieuses pour l'avenir de nos colonies, et déjà elle est cultivée avec succès dans l'Inde anglaise, à Java et au Brésil.

C'est un grand arbrisseau, ou plutôt un arbre, qui peut acquérir une hauteur de 20 et même de 30 pieds. Les feuilles sont grandes, obovales, de 30 à 40 centimètres de longueur sur 1½ de largeur, entières, coriaces, glabres, à pétiole canaliculé et petit. Le fruit varie dans ses dimensions suivant la variété du Caféier, et surtout suivant le terrain dans lequel on le cultive. C'est ainsi qu'on connaît une variété à petites baies; mais, d'un autre côté, la variété à grandes baies, qui est généralement préférée, car elle donne une plus grande quantité de graines dont la qualité paraît également supérieure, peut, dans les terrains secs, se modifier, et donner des baies dont le volume est beaucoup moindre. Il semble donc facile de modifier les dimensions des graines suivant le mode de culture et le terrain choisi. Cette espèce prospère dans tous les pays où la température se maintient entre 22 et 30°, aussi bien sur les côtes que sur les lieux élevés. Il lui faut un terrain humide, mais à la condition que les racines ne soient pas en contact avec l'eau. Sur les terrains en pente, sur les coteaux, les racines doivent toujours être couvertes de terre, car elles affleurent et se dessécheraient rapidement au soleil. Aussi, dans la saison sèche, convient-il de les recouvrir de gazon desséché, de paille, etc. Le plant lui-même ne redoute pas trop les rayons solaires, et s'il est bon de l'abriter pendant la première année, on peut n'employer dans ce but que des plantes annuelles.

On le reproduit de semis que l'on repique quand les jeunes plants ont trois ou quatre mois, en les espaçant l'un de l'autre de 12 pieds environ.

Il est indispensable que l'air et la lumière puissent frapper directement le Caféier, qui végète ainsi plus vigoureusement.

Le meilleur terrain de plantation est une terre vierge, meuble, légère, qui peut suffire sans engrais pendant trois ou quatre ans. Plus tard, le meilleur engrais est la pulpe qui entoure le grain, le fumier de bestiaux, les matières végétales en décomposition. Les engrais azotés doivent être répandus sur le sol.

Bien que cet arbrisseau résiste fort bien aux attaques des organismes inférieurs qui dévastent les plantations, tel que l'*Hemileia vastatrix*, il convient d'éloigner soigneusement tous les arbres qui pourraient en être atteints, de les couper et de les brûler loin des plants de Caféier. En tout cas, il est prudent d'éviter de le planter auprès d'arbres atteints déjà. Quand l'arbuste est en pleine végétation, on peut ou l'étêter comme on le fait pour le café ordinaire, ou l'abandonner à toute sa croissance.

D'après certains rapports, le rendement en graines serait tel que 20 acres de terrain plantés de *Coffea liberica* fourniraient autant de produits que 200 acres plantés en café d'Arabie ou de Ceylan.

La graine possède un parfum des plus agréables, et on espère modifier le plant de telle façon que ses fruits puissent lutter sans désavantage avec ceux de Moka. On a aussi découvert au Brésil une nouvelle variété de café qui porte le nom de *Maragogipe*, et qui se distingue par les dimensions de ses feuilles, deux fois plus grandes que celles du café d'Arabie, et par la grosseur de sa graine, dont le parfum ne le cède en rien à celui des meilleures sortes. Son rapport paraît être considérable. A trois ans, il atteint une hauteur de 8 à 10 pieds, et la récolte est déjà des plus rémunératrices. La culture paraît s'étendre dans le Brésil.

Culture.—La culture du Caféier, qui varie fort peu d'ailleurs, réussit dans les terres pas trop humides, sur le penchant des coteaux un peu ombragés, et à une température variant du minimum de 12° au maximum de 31 à 32°. Les graines, que l'on fait séjourner dans l'eau pendant un jour ou deux, de façon à ramollir leur endosperme corné, sont déposées dans une terre légère, riche et un peu humide. On continue à maintenir l'humidité dans le terrain à l'aide d'arrosages ménagés, et quand les tigelles et les cotylédons sortent de terre, on les abrite contre les rayons trop ardents du soleil, qui les feraient périr s'ils étaient privés de l'ombrage

naturel d'arbres voisins. Après un an, les pieds de Caféier sont assez robustes pour pouvoir être replantés et repiqués. Ils commencent à produire quand ils ont trois ou quatre ans. Seulement, à cette époque, il faut les étêter pour arrêter leur accroissement en hauteur, les faire s'élargir, et permettre ainsi de récolter plus facilement leurs graines. Les Caféiers ont deux principales époques de floraison, à six mois d'intervalle l'une de l'autre, mais ils portent presque constamment des fleurs et des baies. Ces dernières mettent environ quatre mois à mûrir; aussi, la récolte est-elle pour ainsi dire continue.

Récolte.—Le café se récolte de trois façons différentes. Aux Antilles, en Égypte, en Arabie, on laisse le fruit sécher sur l'arbre, et tomber naturellement ou à la suite de secousses légères imprimées aux branches. On sépare le grain de son enveloppe, soit dans un mortier en bois, soit par le battage au fléau, soit plus simplement encore en froissant la baie dans les mains.

D'autres fois, les baies sont récoltées mûres, mais non desséchées, étendues sur le sol battu par couches de 10 à 15 centimètres d'épaisseur, exposées au soleil pendant trois ou quatre semaines, et pelletées fréquemment. Il suffit ensuite de triturer légèrement le fruit pour en séparer complètement le grain. Ce procédé communique parfois au café une odeur et une saveur désagréables, par suite du commencement de fermentation putride que peut éprouver la pulpe du fruit. Aussi le remplace-t-on, dans certaines contrées, par la dessiccation rapide dans des séchoirs artificiels. Le troisième procédé consiste à faire passer les baies mûres, mais non desséchées, entre deux cylindres suffisamment rapprochés, nommés grageurs. On les fait ensuite macérer pendant quelques heures dans l'eau, et, par une agitation répétée, on sépare facilement la pulpe du grain, qui est ensuite séché au soleil ou dans les séchoirs. Le grain est bien sec quand il craque sous la dent. On vanne ces grains à l'aide d'un ventilateur, pour en séparer les menus débris ou les pellicules. Cette opération, bien que pouvant s'appliquer à tous les cafés, n'est encore pratiquée ordinairement que pour les meilleures sortes.

Le café qu'on obtient ainsi est désigné sous le nom de gragé (cafés de l'Amérique centrale), lavé (Brésil), plantation (Ceylan et Indes).

Les différents cafés commerciaux ont été très soigneuse-

ment étudiés dans une brochure de M. E. Darolles, sous-intendant militaire (*Le Café sur le marché français*). Nous en avons donné un extrait dans notre ouvrage sur "Les Plantes utiles des colonies françaises," qui fait partie des *Notices coloniales*, publiées pour l'Exposition d'Anvers, et auquel, du reste, nous empruntons cet article.

On admet en général, avec raison d'ailleurs, que les cafés récemment récoltés sont loin de posséder les qualités qu'ils doivent avoir plus tard ; ils ont une saveur aigrelette, amère, suivant les espèces, et qui ne disparaît qu'après un certain temps. De là la coutume de ne les consommer que lorsqu'ils ont subi une dessiccation lente et ménagée pendant quelques mois, ou mieux encore pendant des années. A quelle limite extrême doit-on s'arrêter ? C'est ce que l'on ignore encore ; mais d'apres une note du général Morin, des cafés authentiques de Moka, récoltés en 1828, ont donné en 1878 une infusion excellente. On admet que le café, emmagasiné dans des conditions normales, peut être conservé pendant une vingtaine d'années sans avoir subi la moindre dépréciation, et acquérir ainsi des qualités qui le rendent bien supérieur à celui qui est récemment récolté. C'est, du reste, une coutume générale, dans les pays de production, de ne consommer le café que lorsqu'il a été conservé pendant quatre ou cinq années.

DUJARDIN-BEAUMETZ ET ÉGASSE, *Les Plantes médicinales.*

MENTHE POIVRÉE

Le *Mentha piperita Sm.*, de la famille des Labiées, série des Saturéiées, est une plante herbacée vivace que l'on croit originaire de l'Angleterre. Tiges nombreuses, quadrangulaires, dressées, un peu pubescentes, de 40 à 60 centimètres de hauteur. Feuilles opposées, simples, pétiolées, lancéolées, rétrécies, ou un peu arrondies à la base, aigues au sommet, dentées en scie sur les bords, d'un vert plus pâle en dessous, et légèrement velues sur les nervures inférieures. Les feuilles inférieures ont de 5 à 8 centimètres de longueur sur 2 centimètres de largeur. Elles diminuent de grandeur à mesure qu'elles se rapprochent du sommet de la tige. Fleurs hermaphrodites et pourprées disposées au sommet des rameaux en épis lâches, coniques, aigus, opposés. Les épis inférieurs sont écartés les uns des autres, tandis que les supérieurs sont

très rapprochés. Ils sont accompagnés de bractées foliacées. L'organisation florale est celle des Labiées didynames.

Cette plante est cultivée en Angleterre, en Allemagne, en France et surtout aux États-Unis. On l'a introduite aussi dans le sud de l'Inde, dans les monts Neilgherry. On reconnaît en Angleterre deux variétés désignées sous les noms de M. blanche et noire : la première à tige verte, à feuilles plus grossièrement serretées ; la second à tige pourprée, à fleurs plus grandes, qui donne une plus grande quantité d'huile essentielle, mais dont la qualité est inférieure à celle de la Menthe blanche.

Cette plante doit être cultivée dans un sol profond, riche en humus, bien fumé et légèrement humide, débarrassé soigneusement de toutes les plantes étrangères qui, récoltées avec la Menthe, modifieraient les propriétés de son essence. C'est ainsi qu'en Amérique l'*Erigeron canadense L.*, en Angleterre, le *Mentha arvensis*, etc., sont extrêmement redoutés par les cultivateurs.

On coupe la plante lorsqu'elle est en fleurs et qu'elle a atteint à peu près sa hauteur normale, en août et en septembre, soit à la faucille, soit, dans les grandes plantations, à la machine. On fait, l'année suivante, une seconde récolte de la plante qui s'est reproduite par les coulants, et même une troisième. Mais, à partir de la quatrième année, la qualité de l'essence qu'on en retire va en diminuant. Aussi faut-il repiquer des boutures. La première coupe est toujours la meilleure, parce que le terrain est alors moins envahi par les plantes parasites.

Le rendement en essence est très variable. En France, on a constaté que 560 kilogrammes de tiges et de sommités fraîches donnent 1 kilogramme d'essence ; en Angleterre, on a pu obtenir jusqu'à 1500 grammes. On recueille en outre 36 litres environ d'eau de Menthe.

Dujardin-Beaumetz et Égasse, *Les Plantes médicinales.*

PAVOT

Le *Papaver somniferum Linné* (*P. hortense Huss.*), qui appartient à la famille des Papavéracées, à la tribu des Papavérées, est une plante herbacée, annuelle, à tige haute de $1^m,50$ à 2 mètres, herbacée, laiteuse, dressée, simple ou peu ramifiée, couverte d'une efflorescence glauque, glabre ou

parsemée de poils rudes. Feuilles alternes et dépourvues de stipules, les inférieures oblongues ou ovales oblongues, élargies à la base, pinnatiséquées, à segments aigus, dentées irrégulièrement. Feuilles supérieures de plus en plus larges, cordées, auriculées et subamplexicaules à leur base, à sommet aigu ou un peu obtus, non pinnatiséquées, mais irrégulièrement dentées, à dents munies de pointes acuminées. Toutes ces feuilles sont lisses, luisantes, d'un vert grisâtre ou glauque.

Fleurs terminales, solitaires ou géminées, ou bien encore formant une cyme pauciflore, terminale, longuement pédonculée. Les boutons, d'abord penchés puis redressés, sont ovoïdes et pourvus, comme le pedicelle, de pointes molles. Calice à 2 sépales caducs, opposés concaves convexes, d'un vert glauque, lisses. Corolle à 4 pétales suborbiculaires, brièvement obovales, un peu atténués en coin à la base et subonguiculés, membraneux, délicats, très caducs, un peu odorants, de couleur blanche, rose, rouge ou violacée, avec ou sans tache purpurine ou noirâtre à la base. Étamines extrêmement nombreuses, hypogynes, à filets longs, grêles, blancs. Athères linéaires, biloculaires, d'un jaune pâle d'abord, puis plus tard d'un brun pâle, et se tordant sur elles-mêmes après la déhiscence. Ovaire libre, brièvement stipité, à une seule loge, renfermant, sur un grand nombre de placentas latéraux faisant saillie dans l'intérieur, un grand nombre d'ovules anatropes. Il est globuleux ou plus long que large et surmonté d'un style large, extrêmement court, dilaté en une tête hémisphérique, convexe ou en forme de cône très déprimé, et partagée sur ses bords en 8 à 20 rayons stigmatifères. Fruit sec, capsulaire, sphérique ou déprimé, plus large que long, ou plus long que large, ou ovoïde, suivant les variétés, renfermant un grand nombre de graines petites, arquées, scrobiculées ou réticulées à la surface et albuminées.

Cette espèce, qui est l'objet d'une culture énorme dans certains pays, présente un grand nombre de variétés et de formes.

DUJARDIN-BEAUMETZ ET ÉGASSE, *Les Plantes médicinales.*

CHANVRE

Bien qu'on ait distingué spécifiquement plusieurs espèces de Chanvres, on s'accorde aujourd'hui à n'en plus reconnaître

qu'une seule, le *Cannabis sativa L.*, avec la correspondance des noms suivants: *C. indica Lamk.*, *C. erratica Siev.*, *C. chinensis Del.* Il appartient à la famille des Ulmacées, série des Cannabinées.

C'est une plante herbacée, annuelle, dont la tige est dressée, cannelée, anguleuse, couverte, comme toutes les parties de la plante, d'une pubescence fine, rugueuse d'un vert clair. Feuilles alternes (*chinensis*), ou opposées (var. kif. d'Algérie), pétiolées, stipulées, à limbe divisé jusqu'à la base en un certain nombre de folioles plus nombreuses, 7 à 9, dans les feuilles inférieures, étroites, lancéolées, aigués, dentées en scie et scabres. Fleurs dioiques, régulières, apétales. Fleurs mâles en grappes axillaires, pendants. Calice à 5 sépales velus; 5 étamines libres, dressées. Fleurs femelles en grappes axillaires. Pédoncule court, à l'aisselle d'une bractée verte, longue, effilée. Calice gamosépale en forme de coupe membraneuse, à 2 sépales connés. Ovaire libre, arrondi, uniloculaire par avortement, uniovulé, 2 styles couverts de papilles stigmatiques, articulés à la base. À chaîne indéhiscent, enveloppé par la bractée, à graine sans albumen.

Le chanvre paraît être originaire de l'Asie tempérée. Il existe en grande abondance sur les bords du Volga, dans l'Inde, en Afrique, au Brésil, où il a été transporté, et on le cultive dans toutes nos contrées.

Cette plante a une odeur forte, particulière, qui agit sur l'appareil nerveux et provoque, quand on séjourne dans un champ de chanvre, des vertiges et une sorte d'ivresse.

Nous nous occuperons tout d'abord de la variété *Indica*, qui, pour la thérapeutique, a une importance assez grande, tandis que le *Cannabis* de nos contrées a surtout un intérêt industriel, et jouit du reste de propriétés thérapeutiques bien moins marquées que le premier.

Dans le commerce de l'Inde, le chanvre se présente sous les formes suivantes:

1° *Bhang, Sidhi, Sabzi.*—Ce sont les feuilles séchées, de couleur vert foncé, généralement brisées de façon à former une poudre grossière. Leur odeur est particulière, leur saveur nulle. Ces feuilles se fument seules ou mélangées au tabac. On en fait, avec du sucre, de la farine et un certain nombre d'autres substances, une pâte nommée *majun*, qui est verte. On en prépare aussi une macération dans l'eau.

2° *Ganja* (Hind. Beng.), *Kalpam* (Tam.).—Ce sont les sommites fleuries de la plante femelle. Elle sont comprimées,

glutineuses, d'un vert brunâtre. Leur odeur est particulière et narcotique.

3° Le *charas, churrus*, est la résine qui exsude des feuilles et des rameaux, que l'on récolte d'une façon étrange. Deux hommes vêtus de cuir se promènent dans les champs de chanvre, de façon que la résine s'attache à leurs vêtements, d'où ils l'enlèvent de temps en temps. On roule aussi dans les mains les sommités du chanvre, puis on racle les doigts. Dans l'Inde ce *charas* n'est récolté que sur les chanvres croissant dans les montagnes à une certaine altitude.

Celui d'Yarkand est brun, en masses considérables, irrégulières, compactes, friables. Il est composé de petits grains de résine transparente ; son odeur est celle du chanvre, sa saveur est nulle. Il renferme un tiers de son poids de résine amorphe, soluble dans l'alcool et le sulfure de carbone. Le résidu est constitué par des sels de calcium, de sodium et de fer.

Ce charas est fumé avec le tabac. Il ne parvient que rarement en Europe.

DUJARDIN-BEAUMETZ ET ÉGASSE, *Les Plantes médicinales.*

LA NICOTINE

Nous aborderons aujourd'hui l'histoire de la nicotine et nous chercherons quel est le système organique sur lequel elle agit : nous la comparerons dans son action avec les substances que nous avons étudiées jusqu'à présent. La nicotine est une substance qui se retire du tabac. Cet alcaloïde est un des poisons les plus violents que l'on connaisse ; quelques gouttes tombant sur la cornée d'un animal le tuent presque instantanément. La nicotine, par l'apparence symptomatique de ses effets et par son activité, se rapproche beaucoup de l'acide prussique. Voici un lapin qui a été empoisonné par l'instillation dans l'œil de 2 ou 3 gouttes de cette nicotine qui s'est déjà un peu altérée au contact de l'air ; il a succombé très rapidement.

Tous les animaux sont atteints par son action : nous l'avons essayée sur des mammifères, des oiseaux, des reptiles, toujours avec le même résultat et toujours en déterminant des symptômes analogues.

La présence d'une certaine proportion de cette substance dans le tabac conduit à demander si l'usage du tabac n'est

pas sans danger, bien qu'on ait prétendu que cet usage pouvait être utile, que, notamment, on facilitait la digestion en fumant après les repas. Il y a lieu ici d'établir une distinction entre les effets produits en tenant compte des doses, dont l'influence sur la prédominance de certains effets ne saurait être niée. Pour ce qui est de l'influence regardée comme salutaire des fumigations de tabac après les repas, il faut savoir que les sécrétions du canal intestinal sont liées entre elles par d'étroites sympathies qui ont fait dire qu'elles s'appelaient. L'excitation de la sécrétion salivaire détermine une activité plus grande de la sécrétion gastrique. L'estomac d'un chien à jeun est sec, et cependant, en excitant chez un animal la sécrétion salivaire par l'introduction dans sa gueule de pyrèthre, de tabac ou d'acide acétique, on détermine l'apparition d'une certaine quantité de suc gastrique. N'en serait-il pas de même dans l'usage du tabac à fumer, qui faciliterait la digestion en favorisant les sécrétions? Par quelque voie qu'on administre la nicotine, qu'on l'introduise dans le canal intestinal, sous la peau, dans une plaie, qu'on l'instille sous la conjonctive, l'animal est foudroyé. Il meurt avec des convulsions excessivement violentes. Les chevaux sont dans un état effrayant, et, bien qu'ils restent debout sur leurs jambes roidies, ils sont comme furieux, se cabrent, se couchent et sont agités de mouvements désordonnés.

Voici une grenouille dans la bouche de laquelle nous introduisons quelques gouttes de ce poison; vous la voyez immédiatement prise d'un tremblement musculaire et périr.

L'action de la nicotine porte sur les nerfs, sur les muscles, et surtout sur le système vasculaire. Lorsqu'on place sous le champ du microscope la membrane interdigitaire d'une grenouille vivante, on voit la circulation se faire dans le réseau capillaire de cette membrane; on assiste à l'arrivée du sang par les canalicules artériels et à son retour par les branches d'origine des veines. Si, pendant cette observation, on vient à empoisonner la grenouille avec de la nicotine, on voit se produire immédiatement une déplétion du système artériel dont les vaisseaux se rétrécissent de façon à se vider complètement. Le cœur continue cependant à battre: il semble que, seul, le système capillaire ait subi l'action du poison. Cette différence des symptômes offerts par des parties différentes d'un même système peut s'expliquer par le défaut de contractilité des grosses artères, qui jouissent surtout de la propriété physique d'une élasticité très prononcée; tandis

qu'à mesure qu'on se rapproche du système capillaire, l'élasticité des parois artérielles diminue, et les fibres contractiles y apparaissent en proportion plus considérable. Vous savez que, lorsqu'on a coupé le grand sympathique, les parties auxquelles se rendent les filets nerveux divisés deviennent le siège d'une circulation plus active ; leurs vaisseaux se dilatent et prennent un calibre plus considérable. Le contraire s'observe lorsqu'au lieu de couper le grand sympathique, on le galvanise ; et la similitude des effets produits sur la circulation dans l'empoisonnement par la nicotine me porte à penser que cette substance agit sur le système vasculaire par l'intermédiaire du grand sympathique.

Le curare, la strychnine, le sulfocyanure de potassium, que nous avons étudiés jusqu'ici, ne nous ont rien offert de semblable à cet arrêt de la circulation par la nicotine, le cœur continuant à battre. Les veines cessent de charrier le sang ; et cependant elles sont pleines. Si la dose du poison a été suffisamment faible pour ne pas amener la mort, on voit la circulation se rétablir graduellement et l'animal recouvrer la santé.

Cette action sur le système artériel capillaire peut expliquer l'espèce de tremblement qu'on voit dans les muscles, tremblement ou frémissement musculaire qui se produit quelquefois quand, par une ligature, on empêche le sang d'arriver dans un muscle. Lorsque la nicotine est très active et qu'on en donne une quantité suffisante pour produire ce qu'on peut regarder comme un excès d'action, on observe d'autres phénomènes : chaque muscle devient le siège d'une convulsion telle qu'il peut rester dans un état tétanique permanent. Lorsqu'après avoir écorché la grenouille sur laquelle on opère, on veut ensuite agir sur les muscles, il est impossible de les faire contracter. On pourrait être tenté de dire que la contractilité est perdue. Mais les choses ne se passent plus ici comme avec le sulfocyanure de potassium : ce dernier poison laisse les muscles dans le relâchement et leur fait perdre la propriété contractile ; la nicotine, au contraire, semble les amener à l'état de contraction le plus prononcé dont ils soient susceptibles ; ils sont durs, et, s'ils ne se raccourcissent pas sous l'influence du galvanisme, c'est qu'ils ne sauraient le faire davantage.

En effet, quand on a tué des animaux avec la nicotine, les nerfs ne paraissent, pas plus que le cœur, avoir perdu leurs propriétés ; et les mouvements du cœur, qui ont persisté,

peuvent très bien encore être arrêtés par la galvanisation pneumogastrique.

Lorsque la dose de nicotine est faible, des phénomènes singuliers se montrent du côté du poumon et du cœur: la respiration s'accélère, devient en même temps plus large, et les pulsations du cœur augmentent d'énergie. On peut se convaincre que cette action est portée au poumon et au cœur par les nerfs; car, lorsqu'on a coupé le pneumogastrique, elle ne se manifeste pas. Chez une chienne adulte, d'assez forte taille, à jeun on administra trois gouttes de nicotine dans une plaie sous-cutanée faite à la partie interne de la cuisse. Avant l'administration du poison, l'animal avait 115 pulsations et 28 respirations par minute. Une ou deux minutes après l'introduction du poison, l'animal titubait, tenait les oreilles fortement retirées en arrière; il était comme essoufflé et les respirations, très pénibles, étaient abdominales et diaphragmatiques. Alors l'animal avait 332 pulsations et 42 respirations par minute.

Après huit minutes, on observa des vomissements de mucosités blanchâtres.

Quand l'animal marchait, il était comme aveugle et le globe oculaire semblait renversé; mais, en examinant de plus près, on voyait que c'était la troisième paupière qui était entièrement tendue et recouvrait les deux tiers internes et inférieurs de l'œil, de telle façon que l'animal n'y voyait pas.

Après 19 minutes, l'animal était mieux; après 25 minutes, les pulsations étaient au nombre de 129 et les respirations à 36 par minute.

Après une demi-heure, les symptômes produits par la nicotine avaient à peu près disparu, sauf la respiration et la circulation, qui étaient encore un peu plus actives qu'à l'état normal.

Sept jours après, cet animal étant bien portant, parfaitement remis de cette première opération, on refit sur lui la même expérience, après avoir coupé les pneumogastriques, pour voir la modification qu'y apporterait la section de ces nerfs. A onze heures et demie l'animal avait fait un repas de viande. A une heure et demie, on fit la section des deux nerfs vagues. Avant la section des nerfs, l'animal avait 120 pulsations avec les intermittences naturelles au chien et 26 respirations par minute. L'hémodynamomètre, placé sur la carotide, marquait de 75 à 85 millimètres pour la colonne de mercure soulevée par le sang. On fit alors la section des

deux nerfs qui étaient insensibles. (Au moment de la section, l'animal remue la queue, comme cela se voit habituellement chez les chiens.) Après la section des nerfs, l'animal n'éprouva pas de suffocation; mais on sentait au doigt que l'artère semblait perdre de sa tension.

Alors les pulsations étaient au nombre de 206 sans intermittence, les respirations au nombre de 9 très profondes. L'hémodynamomètre restait à peu près fixé vers 100; c'est-à-dire que les pulsations étaient excessivement courtes et n'avaient pas plus de 3 à 5 millimètres. Alors on administra à l'animal trois gouttes de nicotine dans le tissu cellulaire sous-cutané, par une plaie faite à la cuisse opposée à celle qui avait reçu la première inoculation. Après deux minutes, l'animal éprouva quelques troubles: il se tourmentait, s'agitait; mais la respiration et la circulation n'avaient subi aucune atteinte de l'effet de la nicotine.

Après 10 minutes les pulsations étaient au nombre de 194 sans intermittences; les respirations, toujours très profondes, au nombre de 7. L'hémodynamomètre oscillait entre 80 et 85 millimètres. Le sang de la carotide, qui était rutilant après la section des nerfs vagues, paraissait cependant plus foncé au moment de l'administration de la nicotine. Après douze minutes, l'animal avait la paupière nyctitante placée au-devant de l'œil et elle obstruait la lumière et le faisait marcher comme un aveugle; mais cet effet sur les yeux existait déjà moins prononcé avant la section des pneumogastriques, par suite de la section du sympathique qu'on fait en même temps. Ce fait confirme ce que nous disions, que la nicotine semble agir sur le grand sympathique. La pupille était contractée comme cela a lieu après la section des pneumogastriques. De cette expérience on doit conclure qu'après la section des vagues, la nicotine n'exerce plus son action excitante ni sur le cœur ni sur le poumon: ce qui semble montrer que c'est par l'intermédiaire des nerfs pneumogastriques que cette substance agit sur les organes de la respiration et de la circulation. Il est vrai que, chez le chien, on coupe nécessairement dans l'opération le grand sympathique. Il serait intéressant de répéter l'expérience sur le lapin, en coupant isolément les deux nerfs.

A petite dose, à dose médicamenteuse, l'action sur le système vasculaire et sur les muscles est peu prononcée; l'action sur le poumon et sur le cœur peut être la seule qui se manifeste.

Voici un jeune chien de taille moyenne sur lequel cette influence va être rendue sensible. Nous lui découvrons une artère carotide que nous lions sur le cardiomètre. Vous pouvez voir l'instrument accuser, par l'élévation du mercure dans la grande branche et par les oscillations, la tension du système artériel et la force d'impulsion du cœur.

Nous faisons maintenant tomber quelques gouttes de nicotine dans la gueule de l'animal. Vous pouvez bientôt voir, en même temps que des mouvements convulsifs, tétaniques, se manifestent, augmenter dans une proportion considérable l'amplitude des oscillations, amplitude qui mesure la force d'impulsion du cœur. En même temps vous pouvez observer que la tension a considérablement augmenté dans le système artériel, car le point le plus bas dans ces oscillations est bien évidemment supérieur au point le plus élevé des oscillations normales. Quant à la hauteur maximum, elle devient très considérable à chaque secousse convulsive de l'animal.

Voici les oscillations qui commencent à diminuer, nous allons donner une nouvelle dose de nicotine à l'animal. Rien de saillant ne s'observe immédiatement: l'administration de la première dose a établi une sorte de tolérance pour la seconde. Voici cependant du trismus, une roideur tétanique très prononcée ; en même temps la colonne mercurielle tombe considérablement. Le but a été dépassé, l'animal va succomber. Son système artériel s'est vidé, la tension accusée par le cardiomètre est presque nulle. Le cœur continue cependant à battre avec le rythme de l'état normal comme vous pouvez le voir en suivant les mouvements de la colonne de mercure, qui est très basse. Le chien est mort, il présente encore du trismus et un frémissement musculaire général.

Il y a là un effet complexe qui semble porter particulièrement sur le système vasculaire par l'intermédiaire du grand sympathique. Il semble que la nicotine agisse sur le système nerveux organique de la même façon que la strychnine agit sur le système nerveux animal. Dans les deux cas, les convulsions sont le symptôme apparent le plus prononcé.

Ce que nous avons observé nous porterait à penser que l'action du grand sympathique fait sentir spécialement son influence sur le système vasculaire capillaire.

Les quelques considérations que nous vous avons présentées sur les effets de la nicotine avaient moins pour but de vous exposer l'histoire physiologique complète de cette substance que d'appeler votre attention sur un type différent. Nous

avons vu jusqu'ici le système nerveux moteur, le système nerveux sensitif, le système musculaire et enfin le système nerveux organique, atteint par les poisons que nous avons étudiés.

Je vous ai dit que la nicotine, poison des plus violents, produisait la mort très rapidement par quelque voie qu'on l'introduisît dans l'économie.

Ces propriétés sont d'autant plus prononcées, dans cette substance, qu'elle a été plus récemment préparée. Au contact de l'air, à la lumière, elle se colore en brun et perd de son énergie.

Lorsque la nicotine est employée pure et à dose suffisante, elle détermine deux effets que je vous ai signalés ; l'un, de rétraction et de déplétion du système artériel, d'abord observé par M. Vella ; l'autre consistant en une roideur tétanique des muscles qui persiste après la mort, et les contracte au point qu'ils ne peuvent plus réagir sous l'influence de l'excitation galvanique. Lorsque la nicotine dont on fait usage est étendue ou altérée, les effets que l'on détermine chez les animaux auxquels on l'administre sont un peu différents ; ils peuvent se traduire par d'autres symptômes apparents. Leur action se manifeste particulièrement sur l'appareil respiratoire et sur l'organe circulatoire central.

On remarque chez l'animal de l'essoufflement : la respiration devient large et très fréquente, les contractions du cœur augmentent d'énergie ; leur rythme est tantôt ralenti, tantôt accéléré, mais dans des limites très voisines du type physiologique. Nous vous avons dit que le cœur peut fonctionner sans l'influence des nerfs. Ce fait, déjà avancé par Haller, a reçu depuis une démonstration expérimentale, que le curare nous a permis de vous donner sous une forme claire. Vous savez que si, après avoir coupé le pneumogastrique à un animal, on galvanise le bout inférieur, le cœur s'arrête ; vous avez vu que, lorsque, sous l'influence de certains poisons, du curare par exemple, les nerfs sont morts, on ne peut plus arrêter le cœur.

La nicotine, elle aussi, agit sur le cœur non pas directement comme le sulfocyanure de potassium, mais par l'intermédiaire des nerfs, pour y produire des contractions plus violentes et une augmentation de la pression du sang.

Si l'on vient à couper les deux pneumogastriques à un animal et qu'ensuite on lui donne de la nicotine, les phénomènes par lesquels se manifestait l'action du poison

sur le cœur et sur l'appareil respiratoire sont supprimés. Après la section des pneumogastriques chez un chien, la respiration de l'animal tombe de 16 respirations par minute à 12 pour diminuer encore. Or, chez un animal dont les mouvements respiratoires sont ainsi rendus plus rares par la section des pneumogastriques, la nicotine n'agit plus pour activer les mouvements respiratoires; ce qui prouve qu'elle agit par l'intermédiaire du système nerveux central. Je vous ai signalé l'augmentation de la pression du système artériel, qui survenait sous l'influence de la nicotine. Ce phénomène va être le point de départ d'une de ses indications médicamenteuses. Werber voit comme résultat de cette augmentation de la pression un effet diurétique. Des expériences de Ludwig et de ses élèves, que j'ai déjà eu occasion de citer, ont pu vous faire saisir la liaison qui existe entre la pression dans le système vasculaire et la quantité d'urine rendue; cette relation caractérise les excrétions et les différencie très bien des sécrétions sur lesquelles la tension du système artériel est sans influence appréciable. Dans les expériences de cette nature, on a augmenté cette pression par des injections dans le système vasculaire, ou bien par la ligature des troncs artériels qui se rendent aux membres; on la diminue par les saignées. La nicotine nous permettra de produire des effets analogues par un procédé différent.

Je vous disais tout à l'heure qu'à côté des procédés mécaniques qui permettent d'augmenter l'excrétion urinaire, nous allions trouver dans la nicotine un agent capable de donner ce résultat par un procédé physiologique. Il est un autre moyen du même ordre auquel on a eu recours: c'est l'excitation portée sur les nerfs du cœur.

L'influence de la section des pneumogastriques sur la pression n'est pas très bien définie; la section de ces nerfs l'augmente d'abord, mais plus tard elle la diminue.

Vous pouvez comprendre maintenant comment la nicotine, augmentant la pression, devient diurétique et quelle idée l'on doit se faire de son action médicamenteuse.

On a parlé aussi de l'action que la nicotine exercerait sur le sang auquel elle communiquerait des propriétés particulières.

Anatomiquement, elle ne lui fait subir aucune altération, et ce liquide, chez les animaux empoisonnés, se présente sous le microscope avec tous les caractères de l'état sain. Notons toutefois que, chez les animaux que nous avons empoisonnés, le sang artériel est devenu noir. Peut-être les troubles respira-

toires qui surviennent alors sont-ils pour quelque chose dans cette coloration. Ce sang noir n'a d'ailleurs pas perdu la propriété de devenir rutilant au contact de l'air.

La nicotine administrée à forte dose peut-elle communiquer au sang des propriétés toxiques? Cette question, qui a été résolue *à priori*, affirmativement par les uns, négativement par d'autres, a été soumise à la vérification expérimentale. Je vous ai déjà rendu compte de ce qui arrive en pareil cas: la viande peut être mangée, et le sang transfusé impunément. Les intestins empoisonnent d'autres animaux lorsque l'agent toxique a été donné en excès. Cependant des auteurs ont invoqué aussi l'expérimentation pour prétendre que le sang des animaux empoisonnés par la nicotine était toxique. L'expérience peut, en effet, conduire à cette conclusion lorsqu'elle est faite dans des conditions particulières: lorsque l'animal que l'on nourrit de chairs empoisonnées est beaucoup plus petit que celui qui a été empoisonné d'abord. Dans les expériences que nous signalons actuellement, on dit avoir empoisonné un gros lapin, puis avoir donné son sang à des oiseaux qui en étaient morts. Cette condition d'animaux plus petits est nécessaire, et cependant je ne crois pas qu'il y ait d'autre poison assez violent pour produire les mêmes effets que la nicotine, même en se plaçant dans ces conditions. Notons enfin que, dans ce cas, le sang renferme un excès de nicotine, mais qu'il n'est pas vénéneux par lui-même.

On a signalé à la suite de l'empoisonnement par la nicotine des effets persistants, des paralysies. Dans nos expériences sur les animaux, nous n'avons rien observé de semblable; dès le lendemain, l'animal qui n'avait pas succombé dans un temps assez court était revenu à la santé. Nous nous sommes assez étendu, en parlant de l'oxyde de carbone, sur la difficulté d'observer chez les animaux ces symptômes consécutifs pour n'avoir pas à y revenir ici.

En résumé, l'action physiologique de la nicotine porte sur le système vasculaire, et son effet médicamenteux serait une action diurétique. Il ne faudrait pas conclure de là que ce poison agit sur les reins; il n'agit même pas sur les nerfs qui se rendent à ces organes. Il est diurétique par son action sur le système nerveux du cœur, par les modifications que cette action exerce sur les conditions physiques qui ont la plus grande influence sur le phénomène général des excrétions.

Nous vous avons parlé précédemment de la roideur tétanique qui pouvait s'observer chez les animaux empoisonnés avec de

la nicotine pure. M. Cloëz nous a procuré de la nicotine à peu près inaltérée, préparée et conservée à l'abri de la lumière dans un tube fermé à la lampe au laboratoire de l'École polytechnique, et nous nous en sommes servi pour empoisonner cette grenouille, en lui en introduisant quelques gouttes dans l'estomac. La roideur tétanique que je vous avais signalée s'est bientôt montrée : les membres antérieurs, immobiles, étaient ramenés en arrière et en haut, et les membres postérieurs étaient fixés dans une flexion exagérée. Elle se trouve maintenant dans la même situation que si on lui avait administré du sulfocyanure de potassium, et ses muscles sont devenus insensibles à l'excitation galvanique. Ainsi s'explique comment la nicotine a pu être signalée comme agissant exclusivement sur le système musculaire, et comment d'autres observateurs, se basant également sur l'expérience, ont pu méconnaître cette action et ne voir que celle qu'elle exerce sur le système circulatoire. Comme vous l'avez vu, le premier de ces deux effets est dominant, lorsque la nicotine est pure et en quantité suffisante ; tandis que, lorsqu'elle s'est altérée, c'est le second qui est le plus apparent. Cet exemple est bien propre à vous montrer combien est grande l'influence que peuvent exercer sur les résultats les circonstances en apparence insignifiantes de l'expérimentation.

CLAUDE BERNARD, *Leçons sur les effets des substances toxiques.*

L'HYPOTHÈSE

Toute l'initiative expérimentale est dans l'idée, car c'est elle qui provoque l'expérience. La raison ou le raisonnement ne servent qu'à déduire les conséquences de cette idée et à les soumettre à l'expérience.

Une idée anticipée ou une hypothèse est donc le point de départ nécessaire de tout raisonnement expérimental. Sans cela on ne saurait faire aucune investigation ni s'instruire ; on ne pourrait qu'entasser des observations stériles. Si l'on *expérimentait* sans idée préconçue, on irait à l'aventure ; mais d'un autre côté, ainsi que nous l'avons dit ailleurs, si l'on *observait* avec des idées préconçues, on ferait de mauvaises observations et l'on serait exposé à prendre les conceptions de son esprit pour la réalité.

Les idées expérimentales, comme nous le verrons plus

tard, peuvent naître soit à propos d'un fait observé par hasard, soit à la suite d'une tentative expérimentale, soit comme corollaires d'une théorie admise. Ce qu'il faut seulement noter pour le moment, c'est que l'idée expérimentale n'est point arbitraire ni purement imaginaire; elle doit avoir toujours un point d'appui dans la réalité observée, c'est-à-dire dans la nature. L'hypothèse expérimentale, en un mot, doit toujours être fondée sur une *observation* antérieure.

Il n'y a pas de règles à donner pour faire naître dans le cerveau, à propos d'une observation donnée, une idée juste et féconde qui soit pour l'expérimentateur une sorte d'anticipation intuitive de l'esprit vers une recherche heureuse. L'idée une fois émise, on peut seulement dire comment il faut la soumettre à des préceptes définis et à des règles logiques précises dont aucun expérimentateur ne saurait s'écarter; mais son apparition a été toute spontanée, et sa nature est tout individuelle. C'est un sentiment particulier, un *quid proprium* qui constitue l'originalité, l'invention ou le génie de chacun. Une idée neuve apparaît comme une relation nouvelle ou inattendue que l'esprit aperçoit entre les choses. Toutes les intelligences se ressemblent sans doute et des idées semblables peuvent naître chez tous les hommes, à l'occasion de certains rapports simples des objets que tout le monde peut saisir. Mais comme les sens, les intelligences n'ont pas toutes la même puissance ni la même acuité, et il est des rapports subtils et délicats qui ne peuvent être sentis, saisis et dévoilés que par des esprits plus perspicaces, mieux doués ou placés dans un milieu intellectuel qui les prédispose d'une manière favorable.

La méthode expérimentale ne donnera donc pas des idées neuves et fécondes à ceux qui n'en ont pas; elle servira seulement à diriger les idées chez ceux qui en ont, et à les développer afin d'en retirer les meilleurs résultats possibles. L'idée, c'est la graine; la méthode, c'est le sol qui lui fournit les conditions de se développer, de prospérer et de donner les meilleurs fruits suivant sa nature. Mais de même qu'il ne poussera jamais dans le sol que ce qu'on y sème, de même il ne se développera par la méthode expérimentale que les idées qu'on lui soumet. La méthode par elle-même n'enfante rien, et c'est une erreur de certains philosophes d'avoir accordé trop de puissance à la méthode sous ce rapport.

Les hommes qui ont le pressentiment des vérités nouvelles sont rares; dans toutes les sciences, le plus grand nombre des hommes développe et poursuit les idées d'un petit nombre d'autres. Ceux qui font des *découvertes* sont les promoteurs d'idées neuves et fécondes. On donne généralement le nom de découverte à la connaissance d'un fait nouveau; mais je pense que c'est l'idée qui se rattache au fait découvert qui constitue en réalité la découverte. Les faits ne sont ni grands ni petits par eux-mêmes. Une grande découverte est un fait qui, en apparaissant dans la science, a donné naissance à des idées lumineuses, dont la clarté a dissipé un grand nombre d'obscurités et montré des voies nouvelles. Il y a d'autres faits qui, bien que nouveaux, n'apprennent que peu de choses; ce sont alors de petites découvertes. Enfin il y a des faits nouveaux qui, quoique bien observés, n'apprennent rien à personne; ils restent, pour le moment, isolés et stériles dans la science; c'est ce qu'on pourrait appeler le fait brut ou le fait brutal.

La découverte est donc l'*idée neuve* qui surgit à propos d'un fait trouvé par hasard ou autrement. Par conséquent, il ne saurait y avoir de méthode pour faire des découvertes, parce que les théories philosophiques ne peuvent pas plus donner le sentiment inventif et la justesse de l'esprit à ceux qui ne les possèdent pas, que la connaissance des théories acoustiques ou optiques ne peut donner une oreille juste ou une bonne vue à ceux qui en sont naturellement privés. Seulement les bonnes méthodes peuvent nous apprendre à développer ou à mieux utiliser les facultés que la nature nous a dévolues, tandis que les mauvaises méthodes peuvent nous empêcher d'en tirer un heureux profit. C'est ainsi que le génie de l'invention, si précieux dans les sciences, peut être diminué ou même étouffé par une mauvaise méthode, tandis qu'une bonne méthode peut l'accroître et le développer. En un mot, une bonne méthode favorise le développement scientifique et prémunit le savant contre les causes d'erreurs si nombreuses qu'il rencontre dans la recherche de la vérité; c'est là le seul objet que puisse se proposer la méthode expérimentale.

. . . . . .

La première condition que doit remplir un savant qui se livre à l'investigation dans les phénomènes naturels, c'est de conserver une entière liberté d'esprit assise sur le doute philosophique. Il ne faut pourtant point être sceptique;

il faut croire à la science, c'est-à-dire au déterminisme, au rapport absolu et nécessaire des choses, aussi bien dans les phénomènes propres aux êtres vivants que dans tous les autres; mais il faut en même temps être bien convaincu que nous n'avons ce rapport que d'une manière plus ou moins approximative, et que les théories que nous possédons sont loin de représenter des vérités immuables. Quand nous faisons une théorie générale dans nos sciences, la seule chose dont nous soyons certains, c'est que toutes ces théories sont fausses, absolument parlant. Elles ne sont que des vérités partielles et provisoires qui nous sont nécessaires, comme des degrés sur lesquels nous nous reposons, pour avancer dans l'investigation; elles ne représentent que l'état actuel de nos connaissances, et par conséquent, elles devront se modifier avec l'accroissement de la science, et d'autant plus souvent que les sciences sont moins avancées dans leur évolution. D'un autre côté, nos idées, ainsi que nous l'avons dit, nous viennent à la vue des faits qui ont été préalablement observés et que nous interprétons ensuite. Or des causes d'erreurs sans nombre peuvent se glisser dans nos observations, et, malgré toute notre attention et notre sagacité, nous ne sommes jamais sûrs d'avoir tout vu, parce que souvent les moyens de constatation nous manquent ou sont trop imparfaits. De tout cela il résulte donc que, si le raisonnement nous guide dans la science expérimentale, il ne nous impose pas nécessairement ses conséquences. Notre esprit peut toujours rester libre de les accepter ou de les discuter. Si une idée se présente à nous, nous ne devons pas la repousser par cela seul qu'elle n'est pas d'accord avec les conséquences logiques d'une théorie régnante. Nous pouvons suivre notre sentiment et notre idée, donner carrière à notre imagination, pourvu que toutes nos idées ne soient que des prétextes à instituer des expériences nouvelles qui puissent nous fournir des faits probants ou inattendus et féconds. . .

Le grand principe expérimental est donc le doute, le doute philosophique qui laisse à l'esprit sa liberté et son initiative, et d'où dérivent les qualités les plus précieuses pour un investigateur en physiologie et en médicine. Il ne faut croire à nos observations, à nos théories, que sous bénéfice d'inventaire expérimental. Si l'on croit trop, l'esprit se trouve lié et rétréci par les conséquences de son propre raisonnement; il n'a plus de liberté d'action et manque par

suite de l'initiative que possède celui qui sait se dégager de cette foi aveugle dans les théories, qui n'est au fond qu'une superstition scientifique. . .

Dans l'éducation scientifique, il importerait beaucoup de distinguer, ainsi que nous le ferons plus loin, le déterminisme, qui est le principe absolu de la science, d'avec les théories qui ne sont que des principes relatifs auxquels on ne doit accorder qu'une valeur provisoire dans la recherche de la vérité. En un mot, il ne faut point enseigner les théories comme des dogmes ou des articles de foi. Par cette croyance exagérée dans les théories, on donnerait une idée fausse de la science, on surchargerait et l'on asservirait l'esprit en lui enlevant sa liberté et étouffant son originalité, et en lui donnant le goût des systèmes. . .

En résumé, il y a deux choses à considérer dans la science expérimentale : la méthode et l'idée. La méthode a pour objet de diriger l'idée qui s'élance en avant dans l'interprétation des phénomènes naturels et dans la recherche de la vérité. L'idée doit toujours rester indépendante, et il ne faut point l'enchaîner, pas plus par des *croyances scientifiques* que par des croyances philosophiques ou religieuses ; il faut être hardi et libre dans la manifestation de ses idées, suivre son sentiment et ne point trop s'arrêter à ces craintes puériles de la contradiction des théories. Si l'on est bien imbu des principes de la méthode expérimentale, on n'a rien à craindre ; car, tant que l'idée est juste, on continue à la développer ; quand elle est erronée, l'expérience est là pour la rectifier. Il faut donc savoir trancher les questions, même au risque d'errer. On rend plus de service à la science, a-t-on dit, par l'erreur que par la confusion ; ce qui signifie qu'il faut pousser sans crainte les idées dans tout leur développement pourvu qu'on les règle et que l'on ait toujours soin de les juger par l'expérience. L'idée, en un mot, est le mobile de tout raisonnement en science comme ailleurs. Mais partout l'idée doit être soumise à un critérium. En science, ce critérium est la méthode expérimentale ou l'expérience, ce critérium est indispensable, et nous devons l'appliquer à nos propres idées comme à celle des autres.

CLAUDE BERNARD, *Introduction à la médicine expérimentale.*

LES TRAVAUX DE CLAUDE BERNARD

Dès 1847, Claude Bernard, étudiant l'action du terrible poison de la noix vomique, inaugurait une nouvelle méthode dans les recherches toxicologiques. Laissant là les vieilles classifications, il arrivait à déterminer, par des procédés expérimentaux inconnus jusqu'alors, non seulement l'organe, mais l'élément anatomique sur lequel se localise l'action du poison.

En 1850, cette méthode, appliquée au curare, devait lui fournir le sujet d'un travail des plus importants. Vous connaissez tous le poison des flèches dont Humboldt a raconté les soudains et terribles effets. Claude Bernard l'étudie à son tour. Mais il ne se contente pas de constater, après tant d'autres, que l'animal empoisonné se paralyse progressivement et périt par asphyxie paralytique, tout en gardant jusqu'au dernier moment son intelligence ; il fait plus, il examine après la mort, l'excitant électrique en main, les divers tissus de l'animal, et découvre un fait de la plus grande portée théorique.

Sur ce cadavre, les muscles se contractent parfaitement lorsqu'on les excite, mais les nerfs moteurs, qui d'ordinaire produisent leurs contractions, sont devenus impuissants à produire aucun mouvement, malgré les plus fortes excitations. Examinant les choses de près, variant les expériences avec une ingéniosité admirable, il arrive à montrer que le nerf moteur seul, ou plutôt que sa terminaison dans le muscle, est la seule partie de l'organisme qu'atteigne le curare, et, de cette constatation, deux conséquences importantes découlent. La première, c'est que le muscle ne doit pas au nerf, mais possède bien par lui-même sa propriété caractéristique, la *contractilité* : et voici tranchée une question qui, depuis Haller, divisait les physiologistes.

La [illegible] les poisons tuent par une élection spéciale, que ce ne sont pas des organes compliqués, comme on l'entendait jusqu'alors, le foie, le cerveau, le cœur, qui sont frappés par les poisons, mais bien tel ou tel de leurs éléments constituants ; et il montre alors la strychnine agissant sur les cellules sensibles de la moelle épinière, l'upas antiar sur les fibres musculaires et d'abord sur celles du cœur, le curare sur les terminaisons des nerfs moteurs. Il dédaigne ainsi et rejette au dernier rang ces phénomènes d'ensemble,

qui avaient jusqu'alors exclusivement préoccupé les toxicologistes, la paralysie, les convulsions, les vomissements, les cris, etc.; et, d'un seul coup, il affermit les bases de la physiologie générale et crée la toxicologie générale. Ce sont les *éléments anatomiques*, les parties les plus petites dans lesquelles le microscope puisse résoudre les êtres vivants, qui, dans l'état de santé ou l'état de maladie, jouent le premier rôle; c'est d'eux avant tout qu'il convient de se préoccuper, et, pour leur étude, les poisons vont servir du plus délicat et du plus sûr moyen de dissociation et d'analyse. Ils seront des instruments physiologiques capables d'agir et de pénétrer bien plus avant que les grossiers instruments du vivisecteur. Claude Bernard ouvre ainsi une voie nouvelle d'investigations qui sera des plus fécondes.

Une autre étude toxicologique, non moins belle que celle du curare, vient corroborer ces conclusions. Il régnait en médecine légale la confusion la plus complète relativement aux causes et aux symptômes de la mort par l'action des *vapeurs de charbon*. Pour les uns, elle est sans douleur, et les malheureux qui en sont victimes s'endorment paisiblement; pour d'autres, elle est affreusement douloureuse, comme le prouvent les cris, les contorsions de ceux-là même qui se tuent volontairement. Telle autopsie montre le sang rouge, telle autre tout noir et asphyxique. Claude Bernard mit l'ordre dans ce désordre, et montra que lorsque le sang reste rouge, c'est que la mort est due à l'oxyde de carbone. Il fit voir que ce gaz chasse l'oxygène de son union avec la matière rouge des globules sanguins et se combine avec celle-ci, sans changer sa couleur d'une manière apparente, avec tant d'énergie, que toute absorption d'oxygène devient impossible, et que la mort par asphyxie—une asphyxie d'espèce nouvelle—en est la conséquence.

Tout à l'heure le curare, empêchant toute transmission du nerf au muscle, amenait la mort par une asphyxie consécutive à la paralysie des muscles respiratoires: une asphyxie de cause prochaine mécanique. Maintenant l'oxyde de carbone s'attaque au globule sanguin, il tue par une asphyxie de cause chimique. Mais il ne s'agit plus, dans l'un ni dans l'autre cas, de la mort par le cœur, les poumons ou le cerveau, le fameux trépied vital de Bichat; il s'agit d'un élément anatomique dont l'action est indispensable et qui se trouve, dans tous les points les plus divers de l'organisme, saisi par le poison et frappé d'impuissance. Qu'importe, à côté de cette vérité

simple et saisissante, la variabilité indéfinie des symptômes à laquelle on s'était exclusivement attaché jusqu'alors, et qui n'avait fait que leurrer les observateurs !

Mais l'étude de l'oxyde de carbone lui avait révélé un fait qu'il ne laissera pas passer sans en tirer un riche parti. Ce gaz, vous ai-je dit, déplace l'oxygène du sang. Claude Bernard s'empare de cette propriété, et il l'utilise à la solution d'un problème qui venait à peine d'être soulevé, à l'analyse des gaz du sang. Il lui devient ainsi possible de comparer, sous ce rapport, le sang artériel avec les sangs veineux de diverses provenances ; il montre, par exemple, que le sang qui sort d'un muscle contracté a perdu plus d'oxygène que lorsque le muscle est au repos, fait qui se lie avec ses recherches sur l'origine de la chaleur animale ; il montre qu'au contraire, lorsqu'une glande excrète son produit liquide, son sang veineux est rouge, parce qu'alors ses vaisseaux sont dilatés, tandis qu'il devient noir pendant la phase du repos, qui est en réalité la phase de travail, puisque c'est dans cet intervalle que la glande fabrique ce qu'elle excrètera plus tard. Et se servant de cette nouvelle découverte comme d'un moyen d'investigation, il arrive à déterminer, par la couleur variable du sang veineux, les phases d'activité ou de repos des glandes encore mal connues et montre, par exemple, que du rein, glande qui ne produit rien et ne fait que filtrer, mais qui filtre sans cesse, sort un sang veineux constamment rouge.

Tous ces faits se rattachent à ceux qu'il avait découverts déjà sur le rôle des glandes, sur la chaleur animale, sur les nerfs vaso-moteurs, ou l'aident à en découvrir de nouveaux. Car rien, dans cette œuvre immense, ne reste isolé ; toutes ces découvertes s'enchaînent, se relient, se fécondent l'une l'autre.

PAUL BERT.

FUNÉRAILLES DE CLAUDE BERNARD

Discours prononcé le 15 février 1878, au nom de la Faculté des Sciences de Paris.

La Faculté des Sciences de Paris, qui a eu l'honneur de compter pendant quatorze ans M. Claude Bernard au nombre de ses professeurs, ne pouvait, bien que ce maître illustre fût

depuis dix années sorti de son sein, rester silencieuse au bord de cette tombe. Elle vient, à son tour, exprimer ses regrets et revendiquer sa part légitime de gloire.

C'est en 1854 que M. Claude Bernard entra dans notre Compagnie. La grande découverte de la production du sucre par les êtres animés venait de frapper le monde savant de surprise et d'admiration. Pour permettre à son auteur de développer toutes les ressources de son fertile génie, une chaire fut alors créée, qui, sous le titre de Physiologie générale, vint agrandir et compléter le cadre de l'enseignement dans notre Faculté.

Le vaillant lutteur n'avait cependant obtenu qu'une partie des conditions de la libre recherche. Aucun moyen matériel d'action n'était annexé à la chaire où il allait professer : ni budget, ni laboratoire, ni préparateur. Et c'est au milieu de cette pénurie accusatrice de l'indifférence des pouvoirs publics que, de 1854 à 1868, Claude Bernard dut faire son cours. Il n'y parvint qu'en utilisant les ressources de la chaire qu'il ne tarda pas à recueillir au Collège de France dans l'héritage de Magendie.

Aussi notre Faculté ne peut-elle prétendre à l'honneur d'avoir vu éclore ces découvertes dont l'accumulation pressée porta rapidement au plus haut degré sa réputation scientifique. C'est du laboratoire du Collège de France, bien pauvre cependant lui-même, que sont sortis ces travaux innombrables dont chacun eût suffi à illustrer son auteur.

Mais si c'est au Collège de France que se déploya, dans le domaine des recherches expérimentales, le génie créateur de M. Cl. Bernard, il se manifesta avec non moins de puissance et d'utilité pour le développement général de la science dans l'enseignement de la Sorbonne.

La fondation, au sein de la Faculté, d'une chaire de Physiologie générale, avait donné à cette science expérimentale droit de cité dans l'enseignement classique, à côté de ses sœurs aînées, la physique et la chimie. C'est à justifier cet établissement nouveau, qui n'avait pas été universellement approuvé, que s'attacha dans ses leçons M. Claude Bernard.

Jusqu'à lui, la physiologie n'avait guère été considérée que comme une annexe d'autres sciences, et son étude semblait revenir de droit, suivant le détail des problèmes, aux médecins ou aux zoologistes. Les uns déclaraient que la connaissance anatomique des organes suffit pour permettre d'en déduire le jeu de leurs fonctions, c'est-à-dire la physiologie ; les autres

ne voyaient dans celle-ci qu'un ensemble de dissertations, propres à satisfaire l'esprit de système, sur les causes, la nature et le siège des diverses maladies. Presque tous n'attachaient à ses enseignements qu'une valeur variable d'une espèce vivante à une autre, ou, pour la même espèce, suivant des circonstances indéterminables, qu'une valeur subordonnée aux caprices d'une puissance mystérieuse et indomptable, déniant ainsi, en réalité, à la physiologie jusqu'au titre de science.

Claude Bernard commença par le lui restituer. Il montra, prenant le plus souvent pour exemple ses propres découvertes, que si elle soulève des questions plus complexes que les autres sciences expérimentales, elle est, tout autant que celles-ci, sûre d'elle-même, lorsque, le problème posé, ses éléments réunis, ses variables éliminés, elle expérimente, raisonne et conclut. Il montra que de l'infinie variété des phénomènes fonctionnels, en rapport avec la diversité sans nombre des formes organiques, se dégagent des vérités fondamentales, universelles, qui relient en un faisceau commun tout ce qui a vie, sans distinction d'ordres ni de classes, de vie animale ni de vie végétale : le foie fabriquant du sucre comme le fruit, la levure de bière s'endormant comme l'homme sous l'influence des vapeurs éthérées.

Il montra que, même pour la physiologie des mécanismes, la déduction anatomique est insuffisante et souvent trompeuse ; et que l'expérimentation seule peut conduire à la certitude.

Il montra que les règles de cette expérimentation sont les mêmes dans les sciences de la vie que dans celles des corps bruts, et " qu'il n'y a pas deux natures contradictoires donnant lieu à deux ordres de sciences opposées."

Il montra que le physiologiste expérimentateur non seulement analyse et démontre, mais domine et dirige, et qu'il peut espérer devenir, au même titre que le physicien ou le chimiste, un conquérant de la nature.

Il montra que si le physiologiste doit sans cesse recourir aux notions que lui fournissent l'anatomie, l'histologie, la médecine, l'histoire naturelle, la chimie, la physique, il doit en rester le maître, les subordonner à ses propres visées ; si bien qu'il a besoin d'une éducation spéciale, de moyens spéciaux de recherches, de chaires spéciales, de laboratoires spéciaux.

C'est ainsi que Claude Bernard assura les bases de la physiologie, délimita son domaine, en chassa les entités capricieuses, la débarrassa de l'empirisme, détermina son but,

formula ses méthodes, perfectionna ses procédés, indiqua ses moyens d'action, lui assigna son rang parmi les sciences expérimentales, réclama pour elle sa place légitime dans l'enseignement public; qu'en un mot, il la mit en possession d'elle-même, l'individualisa et la caractérisa comme science, vivant en elle, s'identifiant avec elle à un tel point qu'un savant étranger a pu dire: "Claude Bernard n'est pas seulement un physiologiste, c'est la Physiologie."

Telle est la part, et elle n'est pas petite, que notre Faculté peut réclamer, pour s'en parer avec orgueil, dans l'œuvre de l'illustre physiologiste. Telle fut, en effet, la matière de l'enseignement qu'il y donna jusqu'en 1868, époque à laquelle il quitta la Sorbonne pour le Muséum d'histoire naturelle.

C'est à celui de ses élèves qui fut appelé à lui succéder dans la chaire de physiologie que la Faculté a confié aujourd'hui l'honneur de la représenter. Qu'il lui soit permis maintenant de dépouiller son rôle officiel, et, au nom des élèves de Claude Bernard, d'adresser l'adieu filial au maître qui n'est plus. Aussi bien, celui qui lui doit le plus, puisqu'il lui doit tout, pourrait presque revendiquer comme un droit ce douloureux privilège. Certes, la Science et la Patrie ont sujet d'être en deuil. Mais quelle douleur profonde s'ajoute à ces sentiments universels dans le cœur de ceux qui ont profité de ses leçons, reçu les marques de sa bonté, éprouvé les effets de sa protection paternelle! Bienveillant et sympathique à tous, il fut, pour ceux qu'il appelait à son lit de mort sa famille scientifique, le plus affectueux et le plus dévoué des maîtres: non d'une affection sans ressort, car abondant en conseils et en encouragements, il se montrait critique aussi sévère pour nos travaux que pour les siens; non d'un dévouement sans sacrifice, car il souffrait en quittant spontanément cette chaire de la Sorbonne pour la laisser à l'un de ses élèves. Jamais, parmi les incidents quotidiens du laboratoire, un mot impatient; jamais un mot amer, parmi tant de douleurs physiques et morales, si courageusement supportées; jamais un reproche à ceux dont la reconnaissance s'est éteinte trop tôt! Jusqu'aux derniers jours, aux dernières paroles, en face de cette mort inattendue, affection, conseils, sourires; il nous remerciait de nos soins, nous qui lui devions au centuple! Vous travaillerez, disait-il, et il parlait de cette science qui fut sa vie.

Oui, maître, nous travaillerons; nous sentons tous, parmi notre douleur, le devoir qui grandit. Nous serrerons nos

rangs. Nous marcherons, suivant votre trace lumineuse, dans le sillon inachevé. . . .

PAUL BERT.

L'ŒIL

L'œil se compose essentiellement: 1° de membranes enveloppantes, la cornée et la sclérotique, cette dernière étant tapissée intérieurement par une autre membrane pigmentée, la choroıde; 2° de milieux transparents (cristallin, humeur aqueuse, corps vitré); 3° d'une membrane sensible (rétine), qui tapisse le fond de l'œil.

Cornée et sclérotique.—(*a*) La cornée est la partie antérieure transparente de l'enveloppe externe de l'œil. Elle est constituée elle-même par une substance propre comprise entre deux membranes, l'une antérieure recouverte extérieurement de couches épithéliales, l'autre postérieure appelée membrane de Descemet. D'après les recherches récentes de M. C. Mòrner, la substance propre, soigneusement isolée des membranes, est essentiellement formée de deux matières protéiques: une matière collagène, donnant de la gélatine par l'action de l'eau bouillante, et une substance mucoïde, soluble dans les alcalis étendus et précipitable par l'acide acétique.

Sous l'influence de l'ébullition avec l'acide chlorhydrique étendu, cette substance mucoïde donne naissance à un hydrate de carbone réducteur, mais elle ne donne pas d'acide sulfurique libre, ce qui la distingue du chondromacoïde du cartilage.

La membrane épithéliale antérieure est essentiellement constituée de deux globulines, dont l'une paraît être identique à la sérum-globuline et l'autre à la myosine. La membrane de Descemet a la même composition que la capsule du cristallin dont nous allons parler.

(*b*) La sclérotique est formée de tissu conjonctif fibreux. Les fibres conjonctives s'entre-croisent à angle droit, les unes disposées dans le sens des méridiens passant par l'axe de l'œil, les autres dans des plans perpendiculaires.

Cristallin. — Le cristallin se compose d'une enveloppe élastique, la capsule du cristallin, et d'une substance propre.

(*a*) La capsule du cristallin est, d'après M. Mörner, formée d'une matière albuminoïde qu'on ne peut ranger dans aucun des groupes connus et qu'il a appelée membranine. A la

temperature ordinaire, elle est insoluble dans l'eau, dans les solutions salines, dans les alcalis et dans les acides étendus; elle se dissout à chaud dans ces liquides, mais les solutions obtenues ne se prennent pas en gelée par le refroidissement.

(*b*) La substance propre du cristallin est formée de plusieurs couches de fibres d'origine épithéliale, plongées dans une substance interstitielle liquide et albumineuse. Sa densité et son indice de réfraction diminuent du centre à la périphérie. M. Laptschinsky a trouvé pour le cristallin de bœuf la composition suivante:

Eau	63·50 p. 100
Matières protéiques .	34·93
Cholestérine . . .	0·22
Lécithine . . .	0·23
Graisse	0·29
Sels minéraux . .	0·82

Quand on traite le cristallin réduit en pulpe par de l'eau froide ou par des sels neutres, une partie des matières albuminoïdes se dissout; le résidu est constitué par une matière albuminoïde, provenant des fibres du cristallin, insoluble dans toutes les solutions de sels neutres, soluble dans les acides et dans les alcalis fixes, même très étendus. Les matières albuminoides solubles se composent d'une petite quantité d'albumine et de deux globulines spéciales l'α-cristalline et la β-cristalline. D'après M. Morner, les 35 p. 100 de matières albuminoïdes contenues dans le cristallin se répartissent de la façon suivante:

Matière albuminoide . .	17
β-cristalline	11
α-cristalline	6·8
Albumine	0·2

État pathologique.—Dans la cataracte sénile ordinaire, la proportion des matières protéiques diminue et celle de la cholestérine augmente.—Les nombres suivants ont été obtenus dans l'analyse de 100 parties de substance sèche:

	Dans la cataracte	A l'état sain
Matières protéiques .	85·87	95·69 p. 100
Cholestérine . .	4·55	0·60 „
Lécithine . . .	0·80	0·63 „
Graisse . . .	1·19	0·79 „
Sels .	3·86	2·24 „

L'opacité du cristallin dans la cataracte paraît due à un dépôt de cholestérine.

Humeur aqueuse et corps vitré.—(*a*) L'humeur aqueuse est un liquide clair et incolore, de densité 1,003 à 1,009, qui est contenu dans l'espace compris entre la cornée et le cristallin. L'humeur aqueuse a la même composition qualitative que la lymphe ; elle contient très peu de matières protéiques.

(*b*) Le corps vitré, qui occupe toute la cavité de l'œil comprise entre le cristallin et la rétine est une substance gélatiniforme et filante, constituée par du tissu conjonctif muqueux. Les analyses suivantes sont dues à Lohmeyer; elles sont relatives à l'humeur aqueuse et au corps vitré du veau :

	Humeur aqueuse	Corps vitré
Eau	98·687	98·64 p. 100
Matières protéiques .	1·22	1·57 „
Matières extractives .	4·21	3·21 „
Sels minéraux . .	7·70	8·77 „

Les sels minéraux sont en grande partie constitués par du chlorure de sodium.

Rétine.—La rétine est une membrane extrêmement complexe, qui tapisse le fond de l'œil et qui est formée par l'épanouissement de fibres du nerf optique. Elle est essentiellement constituée par plusieurs couches d'éléments épithéliaux et d'éléments nerveux. La couche la plus externe ou membrane de Jacobi, qui est appliquée contre la choroïde, est formée d'éléments, cônes et bâtonnets, qui représentent les terminaisons des fibres nerveuses. Les cônes et les bâtonnets sont disposés normalement à la surface de la rétine ; chacun d'eux est formé par la réunion de deux segments, l'un externe, l'autre interne. La couche des cônes et bâtonnets ests éparée de la choroïde par un épithélium pavimenteux (*tapetum nigrum*) à cellules hexagonales contenant un pigment noir, la fuscine. — La fuscine est un pigment mélanique ferrugineux, qui dérive de l'hémoglobine. Elle est insoluble dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther, soluble dans les alcalcis étendus; elle se décolore lentement à l'air. On la rencontre également dans la choroıde. La rétine, sur le vivant, se charge dans l'obscurité d'un pigment rouge, pourpre retinien ou rhodopsine, qui se décolore à la lumière du jour (Boll). Ce pigment est beaucoup moins sensible à l'action de la lumière jaune du sodium, ce qui à permis à Kühne d'en

faire l'étude. Le pourpre rétinien se trouve dans le segment externe des bâtonnets. Pour l'extraire, on traite un certain nombre de rétines, à l'abri de la lumière, par une solution de sels d'acides biliaires, qui dissout le pigment.—Le pourpre rétinien exposé à la lumière blanche devient jaune (jaune rétinien), puis se décolore. Il ne présente pas de bandes d'absorption. Les alcalis, les acides, l'alcool et l'éther le detruisent ; il résiste au contraire à l'action d'agents oxydants, tels que l'ozone, l'eau oxygénée, le perchlorure de fer etc. . . Après avoir été traité par l'alun, il devient presque insensible à l'action de la lumière, surtout à l'état sec.

Une expérience ingénieuse de Kühne permet de démontrer l'action décolorante qu'exerce la lumière sur le pourpre retinien de l'œil pendant la vie. Un animal, ayant séjourné pendant quelque temps dans l'obscurité, est placé en face d'une croisée très éclairée, puis décapité. On peut alors observer sur la rétine de cet animal de véritables petites photographies, que Kühne appelle des optogrammes, dans [illegible] parties lumineuses de la croisée sont reproduites en blanc, par suite de la décoloration du pourpre retinien, et les parties sombres en rouge. En soumettant les rétines ainsi impressionnées à l'action de l'alun, pour les fixer, et les desséchant ensuite dans le vide, on peut conserver ces optogrammes assez longtemps. Le rôle du pourpre rétinien dans les phénomènes de la vision est encore inconnu. Ce rôle ne doit pas être très important, car le pigment manque complètement dans certaines espèces animales ; chez l'homme, la région la plus sensible de la rétine (*macula lutea*) est dépourvue de bâtonnets et, par suite, de pourpre rétinien.

Chez les oiseaux, les reptiles et les poissons, les cônes de la rétine contiennent dans leur segment interne un globule coloré (rougeâtre, jaunâtre ou verdâtre), fortement réfringent et paraissant être de nature graisseuse. Kühne et Ayres ont extrait des rétines de ces animaux les pigments qui colorent les globules : ces pigments, qui appartiennent à la classe des lipochromes, ont reçu le nom de chromophanes.

ENGEL ET MOITESSIER,
Traité Élémentaire de Chimie Biologique.

LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE ET LE PRINCIPE VITAL

Il est bien vrai que lorsque nous envisageons anatomiquement, par exemple, un ensemble de muscles groupés autour d'une jointure, nous pouvons, de la forme des surfaces articulaires et de la direction des muscles, conclure aux mouvements qui sont exécutés; mais c'est évidemment parce que nous nous reportons ici inconsciemment à la connaissance bien antérieurement acquise de la propriété contractile, reconnue dans l'espèce de fibres que nous avons sous les yeux. Que si, en effet, nous ne possédons point par devers nous quelque notion physiologique et dynamique semblable, l'observation anatomique et statique reste pour nous lettre morte.

Prenons, pour être plus clair, quelques exemples dans des faits de détail. Supposons que, connaissant très bien la configuration et le rôle d'une glande salivaire, nous venions à découvrir la glande pancréatique : nous devinerons aisément qu'elle doit fournir un liquide, à cause de sa ressemblance avec celle que nous connaissons; mais nous ne pourrons jamais imaginer que ce liquide possède cette propriété spéciale *d'émulsionner* les graisses, propriété que ne possédait pas la glande qui nous servait de terme de comparaison.

Il y a plus, ce terme de comparaison peut nous induire en erreur. Des nerfs se rendent au cœur; si ces nerfs ont un rapport avec les battements de l'organe, ce doit être, penserons-nous, par analogie avec les autres nerfs musculaires, pour les provoquer. Or il n'en est rien, et l'expérimentation, contredisant l'hypothèse fondée sur l'anatomie, montre que ces nerfs du cœur arrêtent ses mouvements.

Enfin, si ce terme de comparaison manque, nous demeurons entièrement dans l'inconnu. La forme et la consistance du foie, même ses rapports anatomiques avec les autres parties, auraient-ils jamais pu nous faire deviner sa fonction glycogénique ? Et la profonde ignorance dans laquelle nous sommes des fonctions du thymus, de la rate, des diverses parties du cerveau, etc., n'est-elle pas là pour nous montrer le peu de renseignements que peuvent donner à la physiologie les connaissances anatomiques ?

Notez que je parle même des connaissances les plus approfondies. Certes, la structure des muscles a été observée avec un soin fécond en résultats curieux; mais que nous apprend

sur leur contractilité rapide la structure parfaitement dévoilée des fibrilles striées? Ne retrouvons-nous pas cette contraction rapide dans la fibre lisse des mollusques céphalopodes? Et si la découverte de la plaque terminale du nerf moteur semble éclairer l'explication des propriétés excitantes de ce nerf, n'est-ce pas parce que nous connaissions déjà, par voie physiologique, ces propriétés excitantes?

On peut le dire, si quelque habitant d'une région céleste, si quelque Micromégas, moins semblable aux animaux de ce globe que celui qu'a évoqué le génie de Voltaire, descendait parmi nous, et qu'il rencontrât sur son chemin un cadavre, un être privé de vie, cet être fut-il comme de verre pour les yeux puissants de notre observateur, celui-ci, malgré la connaissance complète qu'il acquerrait de sa structure, ne saurait absolument rien de ses phénomènes vitaux.

Vous le voyez donc, la hiérarchie des connaissances biologiques a été singulièrement renversée.

Dans l'opinion encore la plus généralement répandue, la physiologie vient, à la suite de l'anatomie—*ancilla anatomiae, anatomia animata*—expliquer les fonctions des organes découverts par celle-ci. En réalité, c'est le contraire, excepté pour quelques cas particuliers; c'est la physiologie qui tient la tête, constatant les actes, et laissant à l'anatomie le soin de déterminer la place, les rapports, la structure des organes qui les exécutent.

. . . . .

Mais, à côte de ces considérations empruntées à son propre domaine, la physiologie a reçu, à ce propos, de la physique le secours de connaissances récemment acquises, et qui constituent peut-être la plus féconde des conquêtes de l'esprit humain. Je veux parler de la *théorie de la transmutation des forces*, et de cette grande vérité démontrée que, pour la force comme pour la matière, tout se transforme, rien ne se perd, rien ne se crée. Il ne m'appartient pas d'insister sur les preuves de cette loi générale qui domine toutes les manifestations mécaniques, physiques ou chimiques du mouvement. Mais nous avons le droit de nous demander si elle s'applique également dans le domaine biologique, et si l'action spontanée du principe vital lui ferait, par hasard, exception.

Considérons un être inférieur, un limaçon, par exemple, au moment où il retire précipitamment un de ses tentacules que nous avons touché. Si l'acte cérébral qui détermine le mouvement est la conséquence de l'action du principe vital

sur la cellule nerveuse, il est évident que cette action ne pourra se produire qu'à la condition d'une certaine modification moléculaire. Pour obtenir cette modification, il aura fallu qu'une certaine quantité de force ait été mise en jeu, et cette force, il faudra de toute nécessité que le principe vital l'ait créée. Mais cette force, ce mouvement, une fois apparus, peuvent bien se transformer, mais non plus se détruire ; ils s'ajoutent donc à la quantité de force déjà en circulation dans le monde. Voici donc, au milieu de la majestueuse harmonie de l'univers, qu'un perturbateur intervient. A la gravitation qui fait mouvoir les astres, à la chaleur que le soleil déverse sur la terre, le principe vital de notre limaçon ajoute quelque chose, et l'ajoute dans une mesure dont son caprice est le seul juge. Qu'on ne s'écrie pas dédaigneusement que ce quelque chose est l'infiniment petit, car le nombre des êtres vivants et celui des actes biologiques sont immenses dans l'espace et dans le temps ; nul n'oserait imaginer le résultat de cette multiplication nécessaire de l'infiniment petit par l'infiniment grand. Mais, si petite que soit cette quantité, elle n'en constitue pas moins à la loi générale une exception dont la valeur philosophique reste entière. L'hypothèse de l'existence du principe vital se trouve donc ici encore repoussée par une exception d'invraisemblance.

Il faut bien avouer cependant que cette hypothèse reprend, malgré tout, dans deux circonstances, son éclat séduisant ; c'est, d'une part, lorsque l'on considère l'apparente unité de la vie chez les animaux supérieurs ; c'est surtout lorsque, d'autre part, on suit le développement d'un être vivant quelconque, les modifications de sa forme extérieure, celles de sa structure anatomique, depuis le moment où ses premiers linéaments apparaissent dans l'œuf ou la graine, jusqu'à celui où, de la marche même de son évolution, résulte l'impossibilité de vivre, et la nécessité de la mort Quoi qu'on fasse, l'idée d'un principe coordinateur et directeur s'impose à l'esprit ; principe unique qui, séparé du corps à la suite de quelque lésion violente, laisse celui-ci en proie à l'action destructive des agents extérieures ; âme végétative, archée, norme, *nisus*, principe formateur, principe vital, etc. ; noms divers sous lesquels on a voulu désigner ce *quid ignotum*, certains diraient volontiers ce *quid divinum*, qui maintient le mouvement vital, et impose à l'avance aux molécules de l'œuf la place et la forme qu'elles prendront plus tard.

Mais voici que des expériences, dont l'origine remonte à

Tremblay, sont venues montrer que le mouvement vital se conserve indéfiniment dans les parties séparées du corps, lorsqu'on a soin de maintenir ces parties dans des conditions de milieu comparables à celles qui les protégeaient auparavant; que, bien mieux, ces parties continuent leur évolution morphologique, et tantôt acquièrent au complet la forme qu'elles auraient acquise en restant à leur place normale, tantôt même dépassent, pour ainsi dire, ce but et reproduisent tout ou partie de l'organisme duquel on les avait détachées.

En poursuivant cet ordre de considérations, on est arrivé à démontrer que tout ce qu'il y a de caractéristique dans les phénomènes biologiques est manifesté par les particules si déliées qui constituent les corps vivants. Ce sont elles qui, juxtaposant, entre-croisant, opposant, harmonisant leurs actions propres, *produisent, comme résultante de leurs efforts* multiples et complexes, les actes généraux de l'être vivant. L'unité apparente de celui-ci n'est donc que le résultat d'un consensus harmonique des myriades de petites unités qui le constituent.

PAUL BERT.

LA PHOTOGRAPHIE GÉOLOGIQUE

EN CERF-VOLANT

J'ai reçu récemment de M. Émile Wenz (de Reims) une bien curieuse communication sur les applications que le cerf-volant peut comporter à la photographie panoramique et j'ai été très frappé des services que le procédé nouveau pourra rendre aux recherches de géographie physique et de géologie.

Déjà en 1888 M. Arthur Batut avait construit un cerf-volant muni d'un appareil photographique dont il avait eu de très curieux résultats sur lesquels *La Nature*, qui ne laisse jamais rien échapper d'intéressant, avait appelé l'attention de ses lecteurs.[1]

M. Wenz a apporté à la méthode de M. Batut des perfectionnements sensibles dont celui-ci d'ailleurs a fait le point de départ d'améliorations ultérieures qui permettent maintenant de photographier la surface du sol sous des angles variés et dans les conditions les plus favorables à la bonne réussite des expériences.

Aujourd'hui l'appareil est certainement très pratique et le

[1] Voy. nº 825, du 25 mars 1889, p. 257.

temps n'est sans doute pas éloigné où le cerf-volant photographique fera partie obligée de tout matériel d'explorateur et de géologue.

En effet, la très aimable lettre que j'ai reçue de M. Wenz était accompagnée d'une jolie collection de très instructives photographies qui permettent dès maintenant de juger la valeur de la méthode.

Ces photographies, prises à 200 mètres d'altitude, représentent les dunes des environs de Fort-Mahon (Somme), et l'examen de ces documents vient compléter de la manière la plus heureuse les notions que nous avons dès maintenant sur la sédimentation éolienne. On y voit par exemple, avec une précision inespérée, la forme exacte des sillages aériens conservée par les bourrelets sableux que le vent a déposés dans les différents points. Et l'on apprécie en même temps les causes déterminantes de l'extension si inégale de la matière arénacée. Sur l'une des photographies, on voit très bien la limite de la mer dont les flots viennent mourir sur le sable et on observe à côté, et parallèlement, la ligne de "laisse" de haute marée, jalonnée par les fucus et les autres corps flottants que le reflux a abandonnés. C'est sur cette zone que le sable fin apporté par l'eau se dépose et acquiert la mobilité dont le vent va profiter pour réaliser le charriage. Tout naturellement, c'est parallèlement aussi à cette même zone que se constitue le premier bourrelet ; et l'on assiste pour ainsi dire à sa genèse en observant les petits mamelons distincts des débuts et leur fusion progressive en dune continue. Ces circonstances se reproduisent d'ailleurs trait pour trait dans les expériences de laboratoire, et il y a longtemps déjà que j'ai décrit les procédés propres à préparer des dunes artificielles, pourvues de tous les détails de forme et de structure des collines sableuses des rivages naturels. Les photographies de M. Émile Wenz font apprécier en outre, avec une éloquence toute spéciale, l'influence des obstacles opposés au vent sur la forme des reliefs arénacés et certaines de ses épreuves montrent l'extraordinaire délicatesse avec laquelle chaque objet, opposant au vent une résistance, se signale par des variations dans la forme des rides de sédimentations éoliennes. Les architectes qui sont appelés à construire dans des régions de dunes ne sauraient trop s'inspirer de considérations de ce genre.

A cet égard, le fait saillant c'est que les objets émergeant dans un pays de dunes ne sont ensablés que progressivement

et comme à regret, même quand le phénomène prend l'allure rapide d'un cataclysme. Il se trouve, en effet, que le vent, rebondissant à la surface des obstacles placés sur son trajet, ne dépose le sable qu'il charrie qu'à une certaine distance autour d'eux, et c'est ainsi, pour rappeler un exemple particulièrement célèbre, que le clocher de Zuydcoote est comme plongé dans un vaste entonnoir.

On sait que Zuydcoote est un village des environs de Dunkerque qui, en une seule nuit, en 1823, fut entièrement ensablé. Les habitants, réveillés par la tourmente, n'eurent que le temps de prendre la fuite pour échapper à l'envahissement et quand ils revinrent le lendemain, seul le clocher de leur église émergeait au-dessus des vagues de l'océan arénacé.

Au cours des expériences mentionnés tout à l'heure et qui ont procuré l'imitation des bourrelets sableux, on arrive également à la curieuse disposition dont il s'agit. A l'aide d'une machine soufflante agissant sur du sable étendu préalablement en couche continue sur une planchette inclinée on réalise sans peine le résultat désiré. Il suffit de placer, au milieu de la région sableuse, un obstacle de forme convenable et par exemple un poids cylindrique en cuivre comme est entre autres le poids de 500 gr. de toutes les balances de laboratoires. Le sable, poussé par le vent, vient se disposer autour de la colonne métallique et laisse entre elle et lui un intervalle dont la forme en entonnoir coïncide absolument avec celle des accidents naturels. La ressemblance est absolue et on comprend comment la méthode expérimentale est décisive en un semblable sujet pour interpréter toutes les particularités des dispositions que l'on étudie.

A ce titre, les photographies de M. Émile Wenz ont un intérêt tout à fait particulier: elles ramènent les dunes véritables à la dimension des produits du laboratoire et permettent les comparaisons les plus détaillées.

Il est certain que le procédé qui les a procurées est d'application extrêmement fréquente et pourra fournir des données infiniment précieuses dans bien des circonstances différentes. Non seulement des vues d'ensemble, comme dans le cas précédent, rendront des services inestimables, mais bien souvent on sera à même de photographier de la même façon des points inabordables. Par exemple, des crêtes séparatives de ravins dans les hautes régions des montagnes, et je connais en particulier un problème géologique qui

trouverait à profiter beaucoup de ce genre d'étude : c'est celui de la capture des glaciers. Ici le point le plus important est d'avoir avec la plus grande précision possible la forme des crêtes rocheuses qui séparent deux glaciers voisins. Les relevés ordinaires sont insuffisants et à la notion topographique doit de toute nécessité venir s'ajouter le document pittoresque. C'est de la forme des escarpements qu'on trouvera de quoi conclure, et, avec certitude, la fortune future de glaciers mitoyens. Il faudrait pouvoir faire ces études en très grand nombre dans des points analogues les uns aux autres, de façon à préciser les stades de l'évolution glaciaire au point de vue de la dénudation qu'elle réalise si activement.

Nos lecteurs savent déjà que le phénomène de la capture des glaciers, annoncé il y a près de dix ans et considéré par quelques géologues fidèles aux anciennes doctrines comme illusoire, s'affirme cependant chaque jour comme l'un des traits les plus essentiels de la physiologie des glaciers. Il contribue, plus que beaucoup d'autres, à faire substituer la notion de l'histoire indépendante de chaque glacier à l'opinion d'abord adoptée, mais évidemment inexacte, de la liaison mutuelle et intime de tous les glaciers considérés comme rigoureusement synchroniques et dérivant d'une cause générale ayant influencé au même moment toutes les régions de la terre. C'est dire que l'observation à laquelle le cerf-volant apporte une si utile collaboration est riche des conséquences les plus larges pour la philosophie tout entière de la géologie.

On peut légitimement prévoir le même bénéfice de la photographie panoramique faite de haut à l'aide du cerf-volant, dans des quantités d'autres chapitres de la science et par exemple dans l'étude de la dénudation du sol sous l'influence de la pluie, comme dans la délimitation mutuelle des bassins hydrographiques et dans bien d'autres cas et jusque dans l'allure générale des ruisseaux divaguant de part et d'autre du thalweg de leur vallée. Ici encore le pittoresque vient fournir un complément des plus nécessaires au relevé purement topographique.

La comparaison des épreuves obtenues dans une série de localités donnera un ensemble de documents qui feront l'exact pendant de ceux qui intéressent les glaciers. La capture des ruisseaux n'en sera qu'un détail entre beaucoup d'autres et le fait capital concernera la régression de toutes les limites des bassins relativement actifs, l'absorption par eux, plus ou moins

rapide et plus ou moins complète, des bassins voisins, en un mot un ensemble de témoignages contre la théorie, si évidemment simplifiée qu'elle n'a plus affaire qu'à une vraie parodie de la Nature et d'après laquelle le profil des vallées tend vers une prétendue courbe d'équilibre définitif.

D'ailleurs, à côté de ces questions et de mille autres qui concernent les points encore en discussion et qu'il importe d'élucider, le cerf-volant photographique est sans nul doute appelé à rendre de très signalés services dans le domaine de la géologie descriptive à proprement parler. Il est évident qu'il fournira un complément des plus précieux à toutes les photographies ordinaires en permettant des vues d'ensemble qui, prises seulement à 150 ou à 200 mètres de hauteur, donneront des renseignements tout à fait favorables à l'établissement des cartes. A mon sens, tout explorateur géologue devra se munir du matériel propre à l'obtention des photographies analogues à celles que nous signalons, et c'est l'occasion de rappeler que ce ne sera pas la première fois que ce jouet d'enfant, le cerf-volant, aura rendu de bons offices à la science.

Déjà, au XVIIIe siècle, Benjamin Franklin en Amérique et Romas en France avaient lancé des cerfs-volants au sein des nuages orageux, et, grâce à ces sondes d'un genre alors si nouveau, avaient pu "soutirer le feu" du ciel et faire sur lui ces expériences célèbres qui ont démontré l'identité physique de la foudre et de l'électricité.

Tous les naturalistes féliciteront M. Émile Wenz de l'ingénieuse idée qu'il a mise à exécution et espéreront de grands progrès de la suite de ses travaux. STANISLAS MEUNIER.

LES MAISONS TOURNANTES

Sur certaines des promenades charmantes d'une station de bains qui est aujourd'hui beaucoup moins fréquentée qu'elle ne l'était jadis, aux Eaux-Bonnes, on rencontre une série de petits kiosques montés sur pivots et que l'on oriente à son gré, pour que la baie qu'ils présentent soit toujours dirigée vers les rayons solaires, ou que l'on puisse tourner le dos aux vents particulièrement violents. Un ancien médecin de marine et un architecte parisien, MM. le Dr Pellegrin et E. Petit, ont eu l'idée d'adopter une combinaison analogue

pour de vraies maisons, auxquelles ils ont donné le nom caractéristique de maisons tournesol, afin de bien montrer que ce qu'ils cherchent dans leurs constructions, c'est assurer aux habitants le bénéfice d'une insolation continue.

On sait maintenant à n'en plus douter que la lumière solaire est le grand assainissant par excellence, que son action microbicide est considérable, et que c'est elle en particulier qui permet aux eaux polluées des rivières d'arriver à se purifier après un certain parcours. Il est assez curieux de constater le rôle précieux de cet agent naturel précisément au moment où l'on découvre des substances antiseptiques de plus en plus nombreuses. On doit donc chercher à bénéficier le plus possible de cette lumière solaire, et si on le fait bien dans les *sanatoria* où l'on traite les tuberculeux, il serait rationnel de la mettre également à profit dans nos habitations, pour ceux-là mêmes qui sont bien portants. Autrefois nos pères, se fiant aux traditions, attachaient une grande importance à l'exposition d'une maison, mais ces préoccupations ont été abandonnées depuis lors, au moins par la plupart des gens. Aussi bien, il faut reconnaître que certaines nécessités obligent à se contenter de maisons qui ne sont point exposées au soleil. Et, en tout cas, les pièces d'une habitation qui recevraient le soleil du matin, le soleil levant, ne le recevraient plus quand il a monté, et il en est de même de pièces différemment exposées. C'est pour cela que nos deux inventeurs ont voulu donner la possibilité de faire arriver le soleil dans telle ou telle partie d'une maison à n'importe quelle heure de la journée, et tout cela en mettant la maison sur une plaque tournante qui permet de changer constamment son orientation, et qui est au besoin commandée par un appareil d'horlogerie assurant sa rotation régulière simultanément avec le déplacement du soleil.

Il va de soi que, même si son déplacement est commandé mécaniquement, une semblable construction doit être légère ; mais on possède aujourd'hui des matériaux de toute sorte qui satisfont aisément à ce désidératum. Les murailles seront avantageusement constituées de briques creuses, et l'isolement contre les variations de la température peut être assuré dans les meilleures conditions par des revêtements de liège, qui sont particulièrement légers ; le métal et le ciment armé complètent l'édifice dans de bonnes conditions. Toute la partie extérieure de la maison vient porter sur un chemin circulaire métallique double, par l'intermédiaire de billes de

roulement qui réduisent considérablement les frottements: ces deux chemins sont naturellement concentriques, l'un repose sur le mur construit au pourtour de la cave dont est dotée l'habitation, tandis que le second est établi sur un autre mur, également en marçonnerie et suffisamment solide, qui forme la cage d'un escalier en colimaçon occupant le centre de la cave, et donnant accès du rez-de-chaussée dans cette cave. En réalité cet escalier est solidaire du plancher supérieur, et il repose sur le sol de la cave par des galets qui lui permettent de tourner en même temps que la maison. Comme de juste, un pivot central est disposé au centre de la cave, sous la maison, et c'est autour de lui que se déplace l'escalier. Dans l'axe même de rotation sont disposées les canalisations diverses devant apporter l'eau, le gaz ou l'électricité à l'intérieur de la maison, et tout cela n'entraîne pas des complications trop grandes. La rotation de la maison et, par conséquent, de la plate-forme qui la supporte, est assurée par des engrenages ayant prise sur une couronne dentée, qui se trouve fixée au pourtour de cette plate-forme et par en dessous: la commande peut s'en faire à la main, si la maison n'est pas trop pesante, et il suffit généralement pour cela qu'elle ne dépasse pas deux étages, ou au contraire au moyen d'un petit moteur à pétrole ou à gaz.

L'idée est assurément originale. Ce n'est pas à dire qu'elle soit toujours praticable, en ce sens notamment que l'orientation variable n'aurait aucun intérêt si la maison n'était pas entourée d'un espace libre laissant arriver les rayons du soleil aux diverses heures de la journée. Il va de soi, bien entendu, que cette disposition héliotropique est absolument indépendante du style moderne, assez peu heureux, que les inventeurs ont adopté pour le type de maison. C'est le principe qui en est intéressant, et qui pourra sans doute trouver à s'appliquer en maintes circonstances, et spécialement à des résidences pour malades. D. B., *La Nature.*

UN SERVICE D'OMNIBUS AUTOMOBILES

L'automobile aspire à conquérir le domaine du transport des poids lourds, et en particulier du transport en commun des voyageurs. Si les difficultés particulières de ce problème sont encore loin d'être toutes résolues, on peut dire néanmoins

qu'il existe déjà d'excellents types de voitures, satisfaisant aux besoins de la pratique, et certains services publics qui sont organisés, ou en train de s'organiser, en Normandie, permettent d'entrevoir le jour où l'antique et incommode patache à chevaux, dernier vestige d'un autre âge, aura partout cédé la place aux confortables et rapides omnibus automobiles. Ce n'est pas qu'on ait conservé les derniers échantillons de diligences par simple amour de l'archéologie. Un peu partout, les intéressés, et les conseils généraux qui les représentent, ont depuis longtemps nourri de grandioses projets de tramways. Mais il y a loin de la coupe aux lèvres ; l'établissement d'un tramway est coûteux, et l'absence de trafic rémunérateur pour d'aussi vastes entreprises, en fait reculer la réalisation de jour en jour.

L'automobile, au contraire, n'exige qu'une mise de fonds relativement minime, et l'initiative privée peut s'y risquer sans aléas considérables, comme le prouve la création d'un service entre Honfleur et Trouville, prolongé depuis le 7 août jusqu'à Villers, et dont la récente inauguration nous incite à écrire cet article.

Entre Honfleur et Trouville il n'y a que 15 km., et les communications sont fréquentes. Or, ceux qui ne voulaient pas prendre le bateau avec les agréments d'une promenade en mer, mais aussi avec ses inconvénients, n'avaient d'autre ressource qu'une diligence préhistorique, dont le moindre défaut n'était pas la lenteur. Il était naturel qu'on songeât enfin à lui substituer un moyen de transport plus moderne, et l'automobile a résolu ce problème.

Une compagnie toute locale s'est fondée avec un modeste capital de 50,000 francs, par les soins de M. Brodelet, entrepreneur de transports. Après étude des divers types d'automobiles les plus recommandables, les promoteurs de l'entreprise ont arrêté leur choix sur la voiture de Dion-Bouton, qui était déjà en service entre le Havre, Étretat et Fécamp, et trois de ces véhicules furent commandés. Leur vitesse moyenne de 20 km. à l'heure permettrait de franchir le parcours en 50 minutes. Le voyage, avec les arrêts nécessaires, n'a donc pas une durée de plus d'une heure.

Chacune des voitures de ce type peut porter seize voyageurs et cinq cents kilos de bagages. Outre la partie réservée au mécanicien, elle comporte un vaste compartiment fermé et confortable, ainsi qu'une large plate-forme à l'arrière.

Le tout est couvert par un pavillon sur lequel est placé le réservoir d'eau d'une contenance de 60 litres.

Le moteur à pétrole développe 15 à 20 chevaux, et est refroidi par circulation d'eau. Il possède un carburateur double sans étrangleurs, un radiateur Grouvelle et Arquembourg avec ventilateur commandé par cône de friction; des accumulateurs et une bobine double assurent l'allumage. Le réservoir à essence d'une contenance de 35 litres est disposé près de la cloison antérieure.

La voiture est montée sur châssis en tôle emboutie. L'empattement est de $2^{m},60$, avec une voie de $1^{m},44$. Les roues sont garnies de bandages pleins; les diamètres des roues avant et arrière sont respectivement de $0^{m},80$ et $0^{m},90$.

L'entraînement des roues avant est déterminé par un pignon de 30 dents, engrenant sur une couronne intérieure de 80 dents. Les arbres des pignons d'entraînement sont montés sur paliers à billes. Le mécanisme comporte trois vitesses et une marche arrière. Enfin, la mise en marche est dans l'axe de la voiture avec commande par pignon et chaîne.

Telles sont les principales caractéristiques de ce véhicule dont le fonctionnement est absolument régulier, comme il convient, lorsqu'il s'agit d'assurer un service public.

Les résultats des premiers essais furent si favorables que, six jours après la mise en service, on décidait de prolonger la ligne de Trouville à Villers, sur 10 km. Ce nouveau tronçon, qui emploie deux nouvelles voitures, a été inauguré le 7 août, comme nous l'avons dit, et, tant il est vrai que l'exemple est contagieux, un service analogue s'organise en ce moment entre Dieppe et Varengeville.

Tout cela montre bien l'intensité du mouvement qui entraîne l'industrie des transports dans une voie nouvelle; mais combien d'autres régions de notre territoire auraient besoin de suivre ce mouvement! On s'est accoutumé à considérer que toute localité éloignée de 8 à 10 km. d'un chemin de fer est un trou perdu. Que non pas! L'automobile rapproche les distances et se prête à toutes les circonstances avec une incomparable souplesse.

L[t]-colonel G. Espitallier, *La Nature.*

LE JARDIN DES PLANTES

AUTREFOIS ET AUJOURD'HUI

A la mort de Buffon l'élan étant donné, son successeur, le marquis de la Billardière, s'attacha à faire achever les travaux commencés ; mais, au début des troubles de 1792, il émigra et fut remplacé par Bernardin de Saint-Pierre qui, malgré la nécessité où il se trouvait de réduire les dépenses, put faire construire une serre faisant suite à d'autres déjà existantes. C'est sous sa direction qu'en 1793 le Jardin du Roi reçoit ses premiers pensionnaires. Ce point de départ de la ménagerie est un curieux épisode de la Révolution française.

Le procureur général de la commune avait pris de sa propre autorité un arrêté ordonnant que les animaux stationnant sur les places de Paris, constituant (pensait-il) un danger pour la sécurité publique, seraient saisis par le ministère des officiers de police et conduits au Jardin des Plantes où ils seraient établis à demeure après que leurs propriétaires auraient été indemnisés. Ils y furent, en effet, amenés le 15 brumaire an II avec leurs gardiens, par les commissaires de police, sans même que le Jardin en eût été averti.

Ce fut Geoffroy Saint-Hilaire, tranquillement occupé dans son cabinet en ce moment, qui les reçut, les fit installer dans une cour intérieure, et pourvut provisoirement, à ses frais, à leur nourriture. A ces animaux vinrent se joindre ceux existant encore à la ménagerie de Versailles (lion, couagga, bubale, gazelle) et quelques autres provenant du château du Raincy (cerfs, daims, chevreuils).

L'Académie des sciences avait antérieurement fait à Louis XIV la proposition de créer une ménagerie. Le roi l'avait fait installer à Versailles. Elle s'enrichit sous Louis XV et Louis XVI ; mais, pendant la Révolution, un certain nombre d'animaux moururent de faim, et les survivants allaient être transformées en squelettes lorsque Bernardin de Saint-Pierre réussit à les faire conserver pour le Jardin des Plantes où ils n'arrivèrent d'ailleurs qu'en 1794. D'autre part, à la mort du duc d'Orléans, le château du Raincy avait été vendu aux enchères, mais le marché fut cassé par Crassous, proconsul dans le département de Seine-et-Oise ; les bêtes fauves qui s'y trouvaient furent saisies et offertes au Jardin des Plantes. Le comité d'Instruction publique décréta ensuite, en principe,

l'établissement d'une ménagerie dont Geoffroy fut nommé directeur. Certains de ces animaux furent d'abord installés dans des loges aménagées sous les galeries du cabinet alors que d'autres étaient placés dans des écuries et dans des bosquets longeant la rue de Buffon. Puis un bâtiment provisoire fut construit pour les animaux féroces, ce qui permit de débarrasser le rez-de-chaussée du cabinet.

Cette même année, un décret de l'Assemblée constituante publié le 14 juin, réorganisa le Jardin du Roi qui prit le nom de "Muséum d'histoire naturelle." Ce décret laissait aux professeurs le soin de choisir parmi eux un directeur et un trésorier et ordonnait la création d'une bibliothèque, laquelle fut ouverte au public le 7 septembre 1794.

L'acquisition d'une maison et de terrains compris entre la rue Poliveau, la rue de Seine (qui devint plus tard la rue Cuvier), la Bièvre, le boulevard de l'Hôpital et la rue Saint-Victor, permet alors d'agrandir encore le Jardin des Plantes. Parmi les nombreux documents qui nous ont conservé l'image de ce qu'il était alors, nous ne manquerons pas de citer une série d'aquarelles de Hilaire, que le D^r^ Hamy, le savant historien du Muséum qui recherche avec tant d'ardeur et de soin tout ce qui touche au développement de cet établissement, a eu l'heureuse pensée de faire reproduire en photographie pour en composer un charmant album phototypique, qu'il a dédié au directeur et à ses collègues, MM. les professeurs du Muséum, à l'occasion du centenaire de cet établissement. Il porte pour titre : "le Muséum il y a cent ans."

L'année 1795 amène aussi son contingent de développement. Dans l'amphithéâtre, achevé par l'addition de trois pavillons et d'un laboratoire de chimie, a lieu l'ouverture de l' "École normale" (premier essai qui ne dure que 4 mois). De nouveaux achats de terrains et de bâtiments ont lieu. La "colline" prend le nom de "labyrinthe." Un ancien magasin à farine est utilisé pour y installer l'administration et des collections trop à l'étroit, pendant que des maisons situées le long de la rue de Seine, habitées autrefois par des religieux, servent à loger les professeurs.

C'est aussi en 1795 que l'architecte Molinos commence la construction, qui dure 5 ans, de la serre tempérée, et celle du cabinet d'anatomie achevée seulement en 1817. En 1798, l'établissement reçoit deux éléphants de la ménagerie du Stathouder. On dut les loger dans une écurie. En 1801, sous le ministère de Chaptal, l'école de botanique est agrandie

d'un tiers. La galerie supérieure du cabinet est achevée, le nombre des parcs s'augmente le long de la rue de Seine et les collections prennent un grand développement. Vient alors Fourcroy, le promoteur de la publication des *Annales du Muséum*, continuée successivement sous le titre de *Mémoires du Muséum*, *Nouvelles Annales*, *Archives*, *Nouvelles archives*. En 1803 Molinos commence la construction de la grande rotonde et l'interrompt au bout de deux ans. En 1804 a lieu la construction d'un laboratoire d'anatomie et l'aménagement d'un bâtiment de la rue de Seine en y pratiquant au couchant, pour les singes, des loges avec cour fermées par des grillages et des portes vitrées; pour les oiseaux de proie de grandes cages, et en retour un abri pour les faisans et les oiseaux de basse-cour. En 1806 les galeries d'anatomie sont ouvertes au public. En 1807 sont terminés les travaux pour l'installation d'une galerie de botanique au-dessus de la salle d'administration, pendant que d'autres plus importants sont entrepris pour agrandir les anciennes galeries qui s'étaient déjà successivement étendues par l'abandon que Buffon avait fait de son appartement et par la construction au second étage d'une vaste pièce éclairée par le haut. Le tout fut terminé en 1810. On reprit alors la construction de la rotonde, disposée pour pouvoir être chauffée l'hiver, et que vinrent habiter en 1812 les animaux herbivores: éléphants, chameaux, etc., quoique ce bâtiment fût déjà reconnu, nous dit Deleuze, peu propre à sa destination en raison des difficultés de chauffages et des courants d'air funestes aux animaux, et que l'on pensa qu'il serait plus propre à l'installation de la bibliothèque.

Notons ici qu'en 1814 le Muséum fut respecté par l'armée allemande, qu'il reçut la visite de l'empereur de Russie, de celui d'Autriche, et du roi de Prusse qui vinrent admirer ses richesses. (En 1870, hélas! les bombes prussiennes ne l'épargnèrent pas; elles y firent de sérieux ravages, mais ils furent vite réparés). Les galeries d'anatomie s'agrandissent en 1817, et en 1818 est commencée la construction d'une ménagerie des animaux féroces; elle est terminée en 1821, en même temps que de nouvelles acquisitions de terrains permettent d'établir de nouveaux parcs et que l'on pense à construire de nouvelles serres plus confortables que les anciennes.

La Nature.

LES CALCANETTES

APPAREIL MÉCANIQUE POUR FACILITER LA MARCHE

La marche a été l'objet de nombreuses études de la part des physiologistes, des médecins, des hommes de sport ; on a cherché à un certain moment à substituer dans l'armée la marche dite "en flexion" à la marche "en extension" qui est classique, naturelle et que tout le monde pratique sans l'avoir apprise. Les avis restent encore partagés aujourd'hui et, malgré les études des hommes les plus compétents, malgré les procédés d'analyse que permet la chronophotographie, les arguments en faveur de l'un ou l'autre système ne sont pas irréfutables. Cependant, il semble que l'avantage ne doive pas rester à l'une plutôt qu'à l'autre et que c'est plutôt un moyen terme qu'adoptent ceux qui apprennent à marcher, comme les soldats : ils en arrivent, presque instinctivement, à pratiquer une marche en demi ou quart de flexion. M. le Dr Ch. Breuillard, partisan de la marche en extension, a écrit dernièrement sur ce sujet un livre très intéressant [1] où il passe en revue les travaux antérieurs et où il étudie les différentes manières de marcher.

La marche est le meilleur des sports parce qu'elle met en jeu les fonctions organiques les plus importantes du corps humain et c'est l'exercice qui fatigue le moins parce qu'un grand nombre de mouvements auxquels il donne lieu sont en partie passifs. L'auteur définit ainsi les deux sortes de marche.

"On croit généralement que la marche représente un effort considérable parce qu'elle a pour but le déplacement du corps, dont le poids moyen est de 65 kilogrammes ; mais ce déplacement ne peut être comparé à un transport effectué par les moyens ordinaires, car il absorbe moins de force qu'on se l'imagine, surtout dans la marche normale, ou marche en extension. A chaque pas le membre projeté en avant, et en extension, prend terre par le talon pour empêcher le corps de tomber, et le maintien de cette extension verticale, opéré en très grande partie par des ligaments articulaires puissants, constitue une tâche très légère pour les muscles. De telle sorte que les deux segments du membre devenu rigide n'en

[1] *Étude physiologique et médicale sur la marche*, A. Maloine éditeur, à Paris.

forment momentanément qu'un seul, par suite de la juxtaposition perpendiculaire des os dans les articulations de la hanche, du genou et du cou-de-pied; et alors on peut dire que "le poids du corps, qui s'exerce sur une ligne verticale, est supporté presque exclusivement par les os."

Dans la marche en flexion, au contraire, quand le pied arrive à terre, la jambe fléchie sur la cuisse et la cuisse sur le bassin, les deux segments du membre sont obliqués l'un sur l'autre et le poids du corps repose sur leurs extrémités supérieures, ce qui augmente considérablement l'action du levier ainsi établi. On voit aussitôt quel effort énorme ont à faire les extenseurs pour contre-balancer l'action de ce poids, qui, on peut le dire, "au lieu d'être supporté par les os, est supporté par les muscles."

Il faut reconnaître cependant que la marche en extension n'a pas tous les avantages; par suite de son mécanisme même le choc du talon sur le sol est assez dur et donne, au bout d'un certain temps, une fatigue cérébrale que connaissent bien tous ceux qui ont fait des marches un peu longues. C'est pour cette raison que certains sujets à système nerveux affaibli, aussi bien que les gens très lourds, dont le poids donne lieu à un choc considérable, redoutent plus les descentes que les montées. On peut admettre que les chocs répétés produits par ce genre de marche, surtout si le sol est dur, produisent des modifications temporaires dans la structure du système nerveux cérébrospinal; mais il n'y a d'inconvénient à cela que lorsqu'il y a excès et en somme ce mode de progression est celui qui est le plus en conformité avec la structure anatomique du pied et de la jambe; c'est celui qui demande le minimum d'effort au système musculaire qu'il met en jeu.

Il était donc indiqué de chercher à supprimer, ou tout au moins atténuer dans une large mesure, le choc sur le talon, qui est l'inconvénient réel de la marche en extension; aussi a-t-on imaginé de nombreux systèmes dans ce but. La modification de la chaussure demande à être étudiée avec le plus grand soin et ceux qui ont cherché à employer le caoutchouc soit sous forme de tampon inséré dans le talon, soit sous forme de tubes, de billes pleines ou creuses ou même de chambres à air analogues aux pneumatiques de roues, ont échoué. Dans les tentatives de ce genre on a constaté souvent un excellent effet immédiat, mais il était de peu de durée soit parce que la matière employée se tasse et ne

produit plus l'effet cherché, soit que sa disposition défectueuse ne résiste pas à l'usure rapide. On essaya aussi les ressorts métalliques disposés comme ceux des sommiers élastiques : le résultat ne fut pas meilleur, au contraire, et c'est cependant avec l'emploi du ressort métallique que M. le Dr Breuillard reprit la question, mais il étudia une forme de ressort toute spéciale. Il faut avant tout que le ressort conserve dans sa course une direction invariable, ce qui est ici assez compliqué puisqu'il s'agit de suivre le déplacement du talon, organe qui oscille et chevauche irrégulièrement sur le sol, surface rigide mais inégale et à inclinaisons variables. Ce n'est qu'à la suite d'essais très longs et coûteux que M. Breuillard est arrivé à la forme définitive du petit appareil qu'il a baptisé du nom de "Calcanette" (de "calcaneum," os du talon).

Il est formé par deux valves métalliques, à rebords renversés, et articulées à leur extrémité antérieure de façon à former une sorte de boîte ; entre ces valves on a inséré un ressort hélicoïdal oblique, tout spécial, en acier mangano-siliceux, dont la résistance doit être au moins égale au poids du corps. La forme et les dimensions de l'ensemble sont sensiblement les mêmes que celles des talonnettes en liège, dont se servent principalement les femmes, qui les placent dans leurs chaussures pour hausser la taille et rendre plus prononcée la courbure du pied. La calcanette se loge aussi facilement dans la chaussure et c'est précisément là son avantage sur tous les systèmes imaginés précédemment : on peut continuer à employer la chaussure à laquelle on est habitué. La valve supérieure est creusée en cuiller pour augmenter et faciliter l'assiette du pied ; la valve inférieure porte à sa partie postérieure quelques pointes mousses destinées à faire prise sous le cuir de la semelle afin d'empêcher le glissement de l'appareil. L'espace compris entre les deux valves est rempli par le ressort hélicoïdal oblique à fil plat dont le développement, qui est environ de 30 centimètres, assure une grande élasticité ; la course, qui est de 12 à 18 millimètres, laisse toujours les valves assez rapprochées pour que l'appareil puisse se glisser facilement dans la chaussure. Dire qu'on ne s'en aperçoit pas serait exagéré ; si petit qu'il soit, il tient sa place ; mais dans une bottine à élastiques ou à lacets il n'y a pas de gêne ; si on prend l'habitude de porter des calcanettes il sera préférable de faire faire la chaussure un peu plus haute sur le cou-de-pied, mais cela n'est pas indispensable. A la marche on a tout de suite une sensation

agréable ; on se croirait sur un tapis moelleux ; puis il se produit une réaction immédiate qui fait qu'on est poussé en avant comme sur un tremplin. Il est clair que le ressort doit être approprié, comme force, au poids du corps, aussi en a-t-on fabriqué trois types différents ; ils sont du reste facilement interchangeables puisqu'ils n'ont pas d'attaches fixes, mais s'accrochent simplement entre les valves.

Le Dr Breuillard a fait personnellement et a fait faire par des personnes de bonne volonté, de très nombreuses expériences avec les calcanettes. De l'avis général il résulte qu'on s'y habitue en quelques jours et qu'on éprouve ensuite à leur usage une réelle satisfaction qu'on peut résumer ainsi : suppression de la commotion produite par le choc du talon sur le sol, impulsion réactionnelle remplaçant par un mouvement passif un mouvement actif, enfin automatisme du ressort qui remplace l'action cérébrale inconsciente mais réelle et plus fatigante qu'on ne croit, qui s'exerce constamment pour régler et précipiter le rythme du pas. Tels sont les avantages qui doivent résulter du port des calcanettes chez toute personne bien portante ; mais chez certaines autres elles seront indiquées comme instrument de traitement mécanothérapique, et les débiles que la marche ordinaire fatigue trouveront à leur emploi un véritable soulagement.

En somme on bénéficie de tous les avantages de la marche en flexion, sans avoir à redouter ses inconvénients et ses dangers. G. CHALMARÈS, *La Nature.*

L'EMPLOI DU TRÉPAN DANS LES MINES

Il ne s'agit pas, comme certains de nos lecteurs pourraient peut-être le croire à première vue, de l'utilisation, dans les exploitations minières, de l'instrument de chirurgie qui sert à perforer les os du crâne. Point ! Nous voulons parler d'un nouveau mode de forage des puits de mine, au moyen d'un appareil encore très peu connu, bien qu'il soit employé avec grand succès déjà de l'autre côté du Rhin, et auquel ses constructeurs, les ingénieurs Haniel et Lueg, de Dusseldorf, ont donné le nom imagé de "trépan." La méthode que nous nous proposons de décrire ici, au moins brièvement, trouve son application surtout dans les terrains crétacés, permiens et rocheux où les infiltrations d'eau un peu abondantes sont à

redouter. En effet, les procédés de cuvelage ou de tubage couramment usités sont à la fois longs, délicats, partant dispendieux, et ne permettent pas l'évacuation rapide de l'eau par les pompes à une profondeur supérieure à 75 mètres environ. D'après les calculs très étudiés de M. L. Hoffmann, assesseur des mines du royaume de Prusse, même en faisant usage du système de tubage dit allemand, le plus économique, si le débit de l'eau atteint seulement 3800 litres à la minute, les frais de percement s'accroissent de 1500 francs par 55 mètres de profondeur. Dans ce cas également les travaux avancent fort lentement, surtout si le débit vient à augmenter ou si le terrain présente des stratifications rocheuses. Il peut paraître audacieux, on serait même tenté de dire impossible, de creuser, sous l'eau, et tout en restant à la surface du sol pour conduire les travaux, des puits de 150, 200 mètres et plus de profondeur. Tel est cependant le dernier procédé non seulement préconisé, mais aussi employé, avec la méthode du trépan, par MM. Haniel et Lueg. Ils ont dès à présent à leur actif quelque quatre-vingts puits de mines, tant en Allemagne que dans les autres pays de l'Europe centrale, un des plus récents étant celui de Friedrichshall, près de Hanovre, dont le diamètre atteint 6 mètres et la profondeur totale 195 mètres.

Voici le processus des opérations qui caractérisent la nouvelle méthode de forage :

Après avoir établi la superstructure nécessaire et avoir amorcé les travaux de la manière habituelle, on creuse d'abord un premier puits d'avancée, concentrique à celui qu'il s'agit de percer, mais d'un diamètre environ moitié moindre. Pour cela, on fait usage d'une sorte de marteau-pilon en fer, dont les montants et les membrures sont solidement entretoisés, et qui porte fixées à sa base de véritables dents de l'acier le mieux trempé.

Ceci est le premier trépan, haut de $5^{m},25$, large de $2^{m},48$, pesant de 10 à 12 tonnes, et destiné en quelque façon à frayer la voie à son successeur.

Par l'intermédiaire d'une chaîne de Gall, le trépan d'avancée est actionné au moyen d'une poutre équilibrée en fer forgé que commande, à l'autre extrémité, un piston à vapeur. Tour à tour soulevé, puis retombant par l'effet de son propre poids, le système s'enfonce peu à peu dans le sol, à raison de 30 à 40 chutes par minute. Quand on est arrivé à une profondeur d'une trentaine de mètres, un deuxième trépan, beaucoup

plus lourd et par conséquent plus puissant, est mis en œuvre. Ce dernier, qui ne mesure pas moins de 7 mètres de hauteur et tout près de 6 mètres de largeur, est construit d'une manière analogue à celui que nous venons de décrire, seulement, il représente une masse de fer et d'acier du poids formidable de 25,000 kilogrammes ! Alternativement, on fait fonctionner alors le grand et le petit trépan, l'un cheminant en avance de l'autre d'environ 30 mètres et creusant au fur et à mesure comme une sorte de cuve où viennent s'entasser les débris formés par le travail du trépan supérieur. Ces déblais sont évacués au moyen du "mud-box," grand cylindre métallique de 1m,80 de diamètre, d'une contenance de 6 à 7000 litres, et dont le fond a été muni de clapets pour faciliter le remplissage de l'appareil, qui se fait pour ainsi dire automatiquement. A l'aide d'un treuil à vapeur, on peut descendre, remplir et remonter trois cylindrées de débris à l'heure, même dans des puits ayant jusqu'à 180 mètres.

Après chaque percussion, dont le nombre, avec le grand trépan manœuvré par des ouvriers exercés, varie entre 20 et 25 coups par minute, l'appareil est déplacé d'un certain angle autour de son axe afin qu'il ne frappe jamais deux fois de suite à la même place. Cette manœuvre est effectuée par une équipe de 4 hommes qui se tiennent sur la plate-forme du puits, et dirigent les mouvements du trépan à l'aide d'un levier horizontal, commandant la tige de suspension du système.

La question précisément de la suspension d'une pareille masse était une des plus difficiles à résoudre. Il fallait prévoir, outre le déclenchement régulier et précis des deux trépans et leur marche alternative à de grandes profondeurs, l'ajustage successif des tiges de commande, l'effet répété des coups de ces broyeurs soumis à des efforts énormes, la possibilité aussi d'une rupture. . . .

MM. Haniel et Lueg ont résolu ces divers problèms mécaniques avec une égale bonne fortune. Sans vouloir entrer dans des explications qui nous entraîneraient beaucoup trop loin, disons simplement que les trépans sont fixés aux tiges de suspension par ce que l'on pourrait appeler des ciseaux à glissières, dont le jeu a été combiné très heureusement de manière à neutraliser les chocs et les vibrations transversales des broyeurs. C'est en ce dispositif que réside une des plus ingénieuses innovations de la méthode de forage des puits par le trépan manœuvré de la surface.

On comprend dès lors pourquoi, grâce à ce système, il devient possible de creuser un puits, même dans des terrains très aquifères, sans avoir recours aux pompes d'épuisement. Le travail, en effet, s'opère au besoin sous l'eau provenant des infiltrations, que la quantité en soit abondante ou seulement minime. Les ouvriers n'ont plus à descendre dans le puits, et la masse des trépans est telle que leur manœuvre ne se trouve en rien gênée par l'eau qui souvent s'y accumule. Le forage se poursuit donc en quelque façon tout seul, jusqu'au moment où l'on atteint le niveau désiré, généralement en terre argileuse ou sur un fond rocheux.

C'est alors que commence l'opération du cuvelage qui n'est certes pas la moins curieuse ni la moins intéressante. On se sert d'anneaux en fonte mesurant $0^{m},15$ de hauteur moyenne, 5 mètres de diamètre, et pesant environ 10 tonnes chacun. Ces anneaux, destinés à constituer le revêtement intérieur du puits, y sont descendus un à un à l'aide de câbles, après avoir eu soin toutefois de munir provisoirement le premier d'entre eux d'un fond solidement boulonné.

Il s'ensuit qu'en arrivant à la hauteur de la nappe liquide, la colonne formée par les anneaux superposés y plonge d'abord très vite, puis plus lentement et finit même par flotter en équilibre. Équilibre des plus instables, du reste, puisque la hauteur de la colonne de fonte immergée s'accroît d'une manière continue par l'addition, à sa partie supérieure, de nouveaux anneaux.

L'eau infiltrée est ainsi utilisée, le plus ingénieusement du monde, comme contrepoids, pour ainsi parler, et comme régulateur de la descente du cuvelage, lequel, à Friedrichshall, par exemple, représente un total de fonte de près de 1,500,000 kilogrammes. . . .

Ajoutons que les bords des anneaux dont il est question sont boulonnés, après y avoir inséré au préalable des joints étanches en plomb de 2 à 3 millimètres d'épaisseur. Une fois le cuvelage en place, il n'y a plus qu'à le maintenir et à chasser l'eau qui a pu se loger entre sa paroi et celle du puits primitif creusé par le grand trépan. Ce double résultat s'obtient aisément en remplissant de béton l'espace libre en question, ce qui achève en même temps de consolider le travail.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le procédé de forage des puits par trépans a obtenu tout de suite un succès considérable de l'autre côté du Rhin. Outre qu'il permet,

comme on l'a vu, de creuser, sans danger pour les ouvriers, des puits absolument étanches et très profonds, il est à la fois rapide et économique, nous voulons dire par là moins lent et moins coûteux que les autres méthodes couramment employées ailleurs. En effet, les travaux de la mine de Friedrichshall, que nous avons cités, bien qu'exécutés dans un sous-sol particulièrement dur, ont été terminés en 24 mois, presque jour pour jour. Quant à la dépense, elle n'a pas dépassé en moyenne 4800 francs le mètre courant, cuvelage compris.

Il nous a donc semblé intéressant à plus d'un titre de noter avec quelque détail les diverses phases de ce nouveau mode de forage, qui, tant par son originalité que par ses avantages pratiques, en dehors de toute autre considération, paraît devoir mériter l'attention des techniciens et peut-être aussi susciter la curiosité des profanes.

ÉDOUARD BONNAFFÉ, *La Nature.*

MAGNÉTISME

Notions générales. — Les anciens avaient découvert à *Magnésia,* dans l'Asie Mineure, une pierre qui avait la propriété d'attirer la limaille de fer ou d'acier.

Des barreaux d'acier trempé frottés avec ces pierres, dites pierre d'aimant ou aimants naturels, acquièrent la même propriété et forment des aimants artificiels.

L'étude des phénomènes manifestés par les aimants naturels ou artificiels constitue le magnétisme, nom emprunté à la ville qui en fut l'origine.

Pôles.—Vers l'année 1600, Gilbert reconnut que dans un aimant il existe toujours deux régions opposées dans lesquelles l'attraction est la plus grande ; il donna le nom de pôles à ces deux parties de l'aimant.

On peut se rendre compte de l'existence de ces pôles en roulant un aimant dans la limaille de fer ; en le retirant ensuite on s'aperçoit que la limaille forme des houppes aux deux extrémités.

Les deux pôles d'un aimant ne sont pas identiques ; nous avons un moyen pour nous en assurer.

Suspendons l'aimant en son milieu à un fil de soie ou de coton sans torsion et abandonnons-le librement à lui-même loin de tout objet en fer ou de tout autre aimant, nous le verrons après quelques oscillations se diriger dans la direction

Nord-Sud. Si nous marquons avec de l'encre ou à la craie le pôle qui se dirige vers le nord, nous aurons beau le devier de sa direction, le mettre même vers le sud, il reprendra toujours sa direction primitive lorsque nous l'abandonnerons à lui-même.

C'est le principe même de la boussole dont se servent depuis longtemps tous les navigateurs pour s'orienter en pleine mer.

La première boussole était constituée par un bouchon en liège traversé par une aiguille aimantée, le tout flottant à la surface d'une cuve pleine d'eau.

De nos jours les boussoles sont formées par une aiguille d'acier aimanté pourtant une chape en son milieu, qui repose par l'intermédiaire d'une pierre fine sur une point aiguë. On réalise ainsi une suspension excessivement mobile et on peut enfermer le tout dans une boîte que recouvre une glace, à l'abri par conséquent des courants d'air et des intempéries.

Les boussoles marines sont en réalité un peu plus compliquées, mais nous ne nous étendrons par davantage sur ces appareils et n'en retiendrons que le principe.

Les deux pôles d'un aimant n'étant pas identiques ont reçu des noms différents. On appelle "pôle nord" celui qui se dirige vers le nord, il est généralement marqué d'un N ou autrement; l'autre pôle est appelé "pôle sud" et n'est généralement pas marqué.

Fantômes magnétiques.—Prenons un barreau aimanté ou un de ces petits aimants comme on en trouve aujourd'hui dans tous les bazars; posons-le à plat sur une table et recouvrons-le d'une feuille de carton ou de papier fort. Saupoudrons au-dessus de la limaille de fer fine, nous verrons les grains de la limaille se grouper en filaments qui paraissent aller d'un pôle à l'autre en formant des courbes très régulières.

Ces lignes sont très importantes dans l'étude des machines dynamos, on les appelle des "lignes de force."

La limaille sert ici à nous révéler l'existence de ces lignes de force qui caractérisent tout aimant et que sans elle notre œil ne verrait pas. On peut déplacer l'aimant; les lignes de force se déplacent avec lui, ainsi qu'on s'en rendra compte avec la limaille de fer.

Champ magnétique.—On admet, et cela par pure convention, que des lignes de force sortent du pôle nord et rentrent dans le pôle sud.

L'ensemble des lignes de force qui entourent l'aimant et le caractérisent, est appelé "champ magnétique." Plus les lignes de force sont nombreuses dans un espace donné, plus le champ magnétique est intense. C'est généralement aux environs des pôles que les lignes de force paraissent converger et se réunir ; c'est donc dans ces régions que le champ magnétique est le plus intense ; cette remarque a son importance pour les applications des aimants, comme on le verra plus loin.

Nous avons dit précédemment que l'on admettait que les lignes de force sortaient du pôle nord et rentraient dans le pôle sud ; elles cheminent donc à travers l'aimant du pôle sud vers le pôle nord et s'épanouisent à la sortie comme les fantômes nous les montrent.

Pour diminuer cet épanouissement, nous voyons qu'il suffira de rapprocher les pôles et pour cela de courber l'aimant en fer à cheval afin d'avoir les extrémités en regard ; les lignes de force seront plus resserrées, puisque toutes chercheront à emprunter le chemin très court qu'on leur offrira. Autrement dit nous aurons réalisé un champ magnétique plus intense entre les deux pôles.

Mais il y a encore un autre moyen de concentrer les lignes de force.

Prenons un petit morceau de fer, mettons-le entre les deux pôles de notre aimant en fer à cheval. Disposons au-dessus un carton et saupoudrons de la limaille de fer, afin de voir comment se dirigent les lignes de force.

Quelle n'est pas notre surprise de voir toutes les lignes converger pour passer par ce petit morceau de fer ; ces lignes qui s'échappent en gerbe dans notre premier aimant droit forment maintenant un pinceau très serré et très droit comme si on les avait fortement ligotées. Le fer doux a donc la propriété de les absorber, de les aspirer pour ainsi dire.

Réalisons cette expérience d'une autre manière en remplaçant le morceau de fer carré par un anneau en fer doux.

Taillons notre aimant en fer à cheval, de façon à ce que ses pôles arrondis en cercle puissent mieux enserrer notre anneau.

On voit, comme précédemment, les lignes de force qui s'échappent de l'aimant, se précipiter vers l'anneau en fer doux ; on dirait qu'il leur offre un chemin plus facile et c'est en effet ce qui se passe. Toutes les lignes ou à peu près, qui auparavant allaient d'un pôle à l'autre en suivant des chemins plus ou moins détournés, passent par l'anneau. On verra

plus loin que la connaissance de ce phénomène a permis d'augmenter singulièrement les effets des premières machines dynamo-électriques.

On exprime cette propriété du fer en disant que ce métal est plus perméable aux lignes de force que l'air et que tous les autres corps ; on peut en effet essayer avec les autres métaux ; aucun ne présentera cette propriété d'une façon aussi marquée que le fer.

Procédés d'aimantation.—Nous pouvons dans l'expérience précédente remplacer le fer par de l'acier trempé ; nous constaterons que l'acier est presque aussi perméable que le fer aux lignes de force ; mais, chose plus curieuse, si nous retirons notre aimant, nous verrons que le petit morceau d'acier trempé retient une partie de la limaille ; il est devenu à son tour un petit aimant.

En le suspendant à un fil pour reconnaître ses pôles, nous verrons que le pôle sud de ce petit aimant est celui qui était tourné vers le pôle nord de l'aimant en fer à cheval. Quelques instants de réflexion vont nous montrer qu'il doit en être ainsi. Les lignes de force de l'aimant en fer à cheval sortent du pôle nord et rentrent dans le pôle sud du même aimant ; or, sur leur trajet elles rencontrent le morceau d'acier dans lequel elles déterminent un pôle sud à l'endroit où elles entrent et un pôle nord sur la partie d'où elles sortent.

Cette aimantation n'est pas très forte, mais elle n'a nullement affaibli notre aimant en fer à cheval qui pourra aimanter autant de morceaux d'acier qu'on le voudra.

Pour aimanter un morceau d'acier il suffira donc de le faire traverser par des lignes de force ; c'est pour cela que les anciens, qui ne possédaient que les pierres d'aimants, ont pu réaliser d'autres aimants en frottant avec leur pierre des morceaux d'acier.

Comment peut-on expliquer ce phénomène ? Prenons une aiguille à tricoter et aimantons-la en la frottant sur une pierre d'aimant ou en la plaçant entre les pôles d'un gros aimant en fer à cheval. Nous constatons en la roulant dans la limaille que celle-ci s'attache aux deux extrémités.

Une fois aimantée, cassons-la en deux par son milieu. Roulons les deux morceau dans la limaille, tous deux sont devenus des aimants ; brisons encore en deux chacune de ces moitiés, toujours les nouveaux morceaux formeront de nouveaux petits aimants, et cela indéfiniment.

En reconstituant l'aiguille à tricoter, c'est-à-dire en assem-

blant à la suite les uns des autres les petits morceaux, et en les faisant toucher le mieux possible, nous verrons que tous ces petits aimants que nous avions obtenus si facilement reconstituent l'aimant primitif; en effet, en plaçant au-dessus un carton que nous saupoudrerons de limaille, nous verrons se dessiner les deux pôles primitifs de notre aiguille aimantée.

Cette expérience a permis de supposer, et c'est à Ewing qu'est due cette hypothèse, que les aimants sont formés d'une multitude de petits aimants dont les actions s'ajoutent pour créer l'aimant principal.

Comment sont-ils, ces aimants?—Ici la science ne peut répondre catégoriquement, car nous manquons de moyens d'investigation. Cependant les savants admettent que tous les corps sont formés de molécules, c'est-à-dire de corpuscules excessivement petits que le microscope le plus puissant ne peut voir, mais dont on reconnaît l'existence.

Ces molécules, quoique très près les unes des autres, ne se touchent pas, laissant entre elles des intervalles appelés pores. On peut supposer que ces molécules représentent autant d'aiguilles, libres de tourner, auxquelles l'aimantation, c'est-à-dire le passage des lignes de force, donne une direction bien déterminée et les dispose comme les morceaux de notre aiguille aimantée cassée de tout à l'heure. De même que la réunion de tous ces morceaux dans le prolongement les uns des autres reconstituait l'aimant primitif, de même l'orientation de toutes les molécules ou petites aiguilles dans une direction parallèle transforme le barreau inerte auparavant en un aimant.

Ainsi donc, dans un morceau d'acier non aimanté ces molécules ou plutôt ces aiguilles ont une position quelconque.

Le seul fait de faire traverser ce morceau d'acier par des lignes de force oriente ces petites aiguilles dans une direction bien déterminée qui subsiste lorsque ces lignes cessent d'agir.

Dans le fer doux il en est de même, mais avec cette différence que lorsqu'on retire l'aimant ou qu'on supprime les lignes de force produisant l'aimantation, les aiguilles reprennent leur position primitive quelconque comme si un ressort les rappelait. Et il est de fait qu'un morceau de fer doux cesse d'attirer la limaille de fer s'il n'est plus dans le voisinage d'un aimant.

Aimantation par le courant électrique.—Prenons un verre de lampe et enroulons autour un fil de cuivre recouvert de coton ou non, mais alors évitons que les spires successives se touchent entre elles.

Plaçons dans le tube de verre une aiguille à tricoter que nous voudrons aimanter et relions, pendant quelques instants, les deux extrémitiés du fil de cuivre aux deux pôles d'une pile ou de tout autre générateur.

Nous constaterons avec surprise que ce simple passage du courant autour de l'aiguille à tricoter a suffi pour l'aimanter aussi bien, si ce n'est mieux, que son contact avec un aimant naturel ou artificiel.

Si à la place de l'aiguille à tricoter nous eussions mis une tige de fer doux, nous aurions pu voir la limaille ou de petits clous s'attacher avec énergie aux deux extrémités de la tige, tandis que le courant électrique circulait dans le fil. En rompant la communication avec le pile, toute aimantation disparaît et les clous, aussi bien que la limaille se détachent du barreau de fer doux.

C'est là, semble-t-il, un gros inconvénient, puisque avec le fer doux nous obtenons des aimants très énergiques, mais qui ne sont que passagers.

Rassurons-nous, c'est au contraire une merveilleuse propriété, grosse en conséquences industrielles.

Plaçons notre barreau de fer entouré de fil dans une ville, à Marseille par exemple ; transportons la pile à Paris et relions les deux appareils par un double fil conducteur. Le courant parti du pôle positif de la pile à Paris, ira à Marseille, traversera la spirale de fil, ce qui aura pour résultat d'aimanter le barreau de fer doux, et reviendra par le deuxième fil au pôle négatif de la pile à Paris.

En interrompant à Paris le passage du courant, c'est-à-dire en détachant un des fils de la pile on fera cesser l'aimantation que l'on fera naître de nouveau en envoyant du courant. Nous pourrons ainsi faire produire à l'appareil des signaux à distance : c'est le principe même de la télégraphie. Mais nous allons en tirer un bien meilleur parti dans nos machines comme on le verra.

Au lieu d'un barreau de fer doux droit, prenons un cylindre de fer courbé en fer à cheval et enroulons dessus notre fil de cuivre recouvert de coton en tours serrés de façon à en mettre le plus possible. Faisons ensuite passer dans ce fil le courant d'une pile très énergique, nous obtiendrons, tant que ce courant passera dans le fil, un aimant bien plus puissant que les aimants naturels, pouvant attirer et supporter des masses de fer beaucoup plus importantes qu'aucun aimant naturel ou artificiel de mêmes dimensions.

L'appareil ainsi construit porte le nom d'électro-aimant.

Sens de l'aimantation.—Avant d'aller plus loin, on peut se demander où sera le pôle nord et où sera le pôle sud, puisqu'ici l'aimantation n'est pas obtenue avec le secours d'aucun autre aimant. Nous retrouverons facilement chaque pôle à l'aide d'une règle très simple, celle du tire-bouchon de Maxwell. Tout le monde a manié un tire-bouchon, et on sait que cet appareil progresse en avant dans le bouchon quand on tourne sa poignée dans le sens des aiguilles d'une montre. Considérons le fil enroulé sur le tube de verre ; le courant parti du pôle positif de la pile circule autour du tube dans le sens des flèches. Plaçons à une des extrémités du tube comme devant le goulot d'une bouteille, un tire-bouchon, et manions-le de façon à ce qu'il tourne comme le courant autour du tube dans le sens des flèches, on voit que ce sens correspond au vissage, et que le tire-bouchon avancera dans le tube.

Il en est exactment de même des lignes de force; elles tendent à traverser le tube en suivant le barreau de fer doux comme le ferait le tire-bouchon s'il avançait dans un bouchon.

Les lignes de force sortiront donc par N qui sera le pôle nord et rentreront par S qui sera le pôle sud.

Cette méthode d'une application facile et familière à tout le monde, permettra de connaître le sens de l'aimantation dans une bobine quelconque pourvu que l'on connaisse le sens du courant qui circule autour d'elle.

Hystérésis.—Jusqu'à présent, nous ne nous sommes préoccupés que d'aimanter un barreau de fer ou un barreau d'acier dans un sens déterminé toujours le même ; mais examinons ce qui se passe quand nous aimantons une pièce de fer ou d'acier, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre.

Reprenons par exemple notre aimant en fer à cheval et retournons le morceau de fer ou d'acier que nous avons placé entre ses pôles, son aimantation changera de sens, chaque fois que nous le retournerons.

Retournons-le un grand nombre de fois par seconde, il ne va pas tarder à s'échauffer. Pourquoi ? Précisément à cause de ces aimantations et désaimantations rapides dont il est le siège, et on va le comprendre.

Nous avons vu que l'on pouvait assimiler un aimant à un assemblage de petites aiguilles aimantées, toutes dirigées dans le même sens par l'aimantation qu'on leur a communiquée. Changeons le sens de cette aimantation et toutes ces aiguilles vont se retourner. Changeons encore un grand nombre de

fois par seconde ce sens, les aiguilles oscilleront, mais avec un certain retard auquel on a donné le nom d'hystérésis.

C'est ce déplacement continuel des aiguilles ou molécules sous l'action des changements d'aimantation qui échauffe le corps comme le ferait un frottement. Avec le fer très doux dont les molécules sont supposées très sensibles à l'action de l'aimantation, ce travail dû au frottement est moindre et le fer s'échauffe moins, ce qu'on exprime en disant que la perte par hystérésis dans le fer est moindre qu'avec l'acier. Il y a en effet perte d'énergie, car cette chaleur qui se manifeste par une élévation de température du métal est empruntée à l'énergie qui produit les changements d'aimantation.

Cette perte d'énergie dépend, et on le devine, du volume du fer ou de l'acier, c'est-à-dire du nombre d'aiguilles mises en mouvement par les changements d'aimantation et ensuite de la fréquence de ces changements.

En appliquant la règle du tire-bouchon de Maxwell, on verra que chaque fois que le courant électrique changera de sens, les pôles changeront de place dans le barreau de fer ou d'acier qui occupe le centre du tube.

Ces changements s'ils sont rapides échaufferont le fer d'une façon sensible; cette chaleur sera empruntée au courant qui fournit l'aimantation. Aussi conçoit-on que l'on cherche à diminuer, dans les machines dynamo-électriques, la perte par hystérésis qui diminue le rendement. Mais l'hystérésis n'est pas le seul phénomène qui contribue à échauffer le fer ou l'acier, en donnant lieu à une perte ; il y a aussi les courants de Foucault. . . .

En résumé, nous nous rappellerons que chaque fois qu'un morceau de fer ou d'acier est le siège de changements de sens de son aimantation, il en résulte une perte d'énergie proportionnelle au volume de ce fer, au nombre de lignes le traversant, au nombre de cycles par seconde, c'est-à-dire de changements complets par seconde et enfin proportionnelle à un coefficient dépendant de la qualité du métal.

C'est ainsi que, toutes choses égales d'ailleurs, la plus faible perte d'énergie est observée avec du fer forgé très doux ; par conséquent c'est lui qu'on choisit pour les appareils destinés à supporter de fréquents variations d'aimantation, afin d'avoir un meilleur rendement.

A. Soulier,
Traité pratique des machines dynamo-électriques.

NOTES

Page 1

indestructibles. The material atom is now assumed to be a sphere of positive electrification enclosing a number of negatively electrified corpuscles or electrons, the negative electrification of the electrons exactly balancing the positive electrification of the enclosing sphere.

l'affinité. This 'chemical affinity' is now regarded as of the same nature as electric potential.

l'éther : for a long time regarded as an attenuated form of matter pervading space. It is now thought to be the source of all matter, possibly the primordial element.

Page 2

Wurtz : Charles Adolph Wurtz was born at Strasbourg in 1817, and died in Paris 1884. He was an accomplished teacher, and author of several important scientific works. He made many discoveries in the field of chemistry, notably the glycols, oxide of ethylene, aldol and paraldol. He founded the Société chimique de Paris in 1858.

le deutoxide de Barium : barium peroxide (BaO_2).

la barite : really barium hydrate $Ba(OH)_2$—here used for any barium salt. In the reactions mentioned, the sulphuric acid and silver sulphate remove all traces of barium and chlorine respectively.

pour peu qu'on employât, 'however little liquid was used.'

les papiers de tournesol ou de curcuma, 'litmus or turmeric papers.'

Page 3

des picotements, 'irritating blisters'; literally 'tingling sensation.'

protoxide : now replaced by the word 'monoxide.' In the text it would read hydrogen monoxide or water. The metals reduce the hydrogen peroxide to hydrogen monoxide and are themselves oxidised by the liberated atom of oxygen.

Thénard : Louis Jacques Thénard (1777–1857), chemist, was born in humble circumstances at Louptière, Nogent-sur-Seine. In 1825 he was made a baron. He discovered hydrogen peroxide and investigated a number of compound ethers.

les corps gras, 'fats.' The natural fats consist almost exclusively of tri-glycerides, that is certain fatty acids combined with glycerol.

margarique et oléique, 'margaric and oleic acids,' which with stearic and palmitic acids are members of an important homologous series, formerly known as the fatty series, now more generally called 'the aliphatic series.'

Page 4

hydrosulfurique et hydrotellurique, 'hydrogen sulphide and hydrogen telluride.' These are gases which form weak acids with water. Like the haloid acids they contain no oxygen.

acides oxigénés, 'oxyacids,' i.e. acids which contain oxygen, such as sulphuric and nitric acids.

Chevreul: Michel Eugène Chevreul was born at Angers in 1786. He studied at the Collège de France, Paris, and lectured at the Collège Charlemagne whilst he was engaged in technical work. His early discoveries included those of margarine, oleine and stearine, and his theory of saponification (now called hy[illegible] in the development of many important industries. [illegible] colours. 'Ce doyen des étudiants de France' died April 9, 1889.

Page 5

pouce, 'inch.' This paper of Mariotte's was written before the C.G.S. system of measurement was adopted.

Page 7

Mariotte: Edme Mariotte, physicist, was born in Burgundy early in the seventeenth century, and died in Paris 1684—one of the earliest members of the Academy of Sciences. His investigations on the relationship existing between the volume of a gas and the pressure to which it is subjected are classical. What is known on the Continent as Mariotte's Law is known in England as Boyle's Law (as to pressure and volume of gases).

l'hydromel, 'mead,' 'metheglen,' an alcoholic liquor obtained by the fermentation of honey.

thermomètre de Réaumur. The fixed points are 0° and 80°. This instrument was formerly used on the Continent for scientific work. It is now replaced by the Celsius or Centigrade thermometer.

de doux . . . qu'il était, 'from being sweet and sugary.'

Page 8

l'alcool, 'alcohol.' From the Arabic *al* 'the,' *kohl*='a fine antimony powder,' hence anything very fine or purified, as rectified spirit or absolute alcohol.

le moût, 'must,' 'wort,' 'unfermented wine.'

Lavoisier. Antoine Laurent Lavoisier (1743–1794) was for some time director of the Government Powder Mills, during which period

he greatly improved the manufacture and quality of gunpowder. He rendered considerable service in the applications of chemistry to agriculture. His quantitative treatment of the science led to important discoveries on the nature of combustion. His name, like Priestley's, will also be associated with the discovery of oxygen. He was guillotined during the Reign of Terror, as being one of the farmers of taxes.

Page 9

l'acide muriatique oxigéné: until Davy's time chlorine was believed to be a compound of oxygen and hydrochloric acid.

l'oxide de manganèse: this oxide is the natural mineral pyrolusite or manganese dioxide.

Page 10

l'oxigène privé en partie de son élasticité: oxygen in the nascent condition. Elements at the instant of liberation from compounds possess increased chemical activity and are said to be in the nascent condition.

Page 11

l'alkali: from the Arabic *al*, 'the,' and *qali*, the plant from which soda was obtained.

Berthollet: Count Claude Louis Berthollet was born at Talloire, in Savoy, 1748, studied at Turin, and came to Paris in 1772. He assisted Lavoisier in his researches on gunpowder and in the formation of the new chemical nomenclature. In 1785 he showed the value of chlorine for bleaching purposes; he also proved the composition of ammonia. He was for some time a senator, and died in 1822.

chlorure d'argent, 'silver chloride' (AgCl).

l'acide azotique, 'nitric acid.' The French retain the original name of azote given to the gas nitrogen. The nitrates are consequently called azotates. In modern publications the alternative name is frequently given thus, *acide azotique ou nitrique*.

Page 12

l'eau régale, 'aqua regia,' a mixture of nitric acid and hydrochloric acid, so called by the alchemists because the mixture dissolves gold, the king of metals. Its solvent action on gold and platinum is due to the presence of nascent Cl and NOCl.

Gay-Lussac: Joseph Louis Gay-Lussac (1778–1850). At the Ponts et Chaussées he began a series of researches on vapours, temperature, and terrestrial magnetism. In 1808 he made the important discovery of the Law of Volumes. In 1809 he became Professor of Chemistry at the Polytechnique, and subsequently in the Jardin des Plantes. He isolated cyanogen, synthetically prepared hydriodic and iodic acids, [illegible] powders, [illegible] the mint. He is [illegible] ous for the invention of the Gay-Lussac tower, used i[illegible] of sulphuric acid.

l'acide silicique, 'silicic acid.' In the text intended for silica, the oxide of silicon (SiO_2).

le sesquioxyde de fer, 'ferric oxide or rust,' Fe_2O_3.

Page 13

Dumas : Jean Baptiste Dumas (1800–1884) founded in 1832 the École Centrale, the famous Technical College of Paris. He was a scientist as well as a politician ; he became a Senator and the President of the Municipal Council of Paris during the time that the great drainage works were carried out. He was succeeded at the Academy of Science by Sainte-Claire-Deville.

Berzélius : Johan Janos Berzélius was born in East Gothland, Sweden, in 1779, studied at Upsala, and died at Stockholm 1848. His numerous and accurate analyses established the laws of chemical combination on an incontrovertible basis. To him the present system of chemical symbols is due. He discovered selenium, thorium, and cerium, and exhibited in the metallic form calcium, strontium, barium, and other rare metals.

une lingotière, 'an ingot mould.'

un creuset de terre, 'an earthenware crucible.'

Page 14

Stas was a distinguished Belgian chemist. Among the most important of his researches was the determination of the atomic weights of many of the elements. These difficult researches were carried out with the greatest care and skill. He commenced this work fully persuaded of the validity of Prout's hypothesis that 'the atomic weights of the elements are generally exact multiples of that of hydrogen.' His results led to an entire change of opinion, and many subsequent investigations have confirmed his refutation of Prout's hypothesis. The question of one primordial form of matter is still, however, regarded as an open one.

Page 15

mycoderma aceti : the name of the special ferment that changes alcohol into acetic acid, also sometimes called vinegar plant and mother of vinegar. It is usually accompanied by a bacterium (bacterium aceti).

Page 16

Pasteur : Louis Pasteur, chemist and physicist (1822–1895). While Professor at Strasbourg, he devoted much time to the study of fermentation. In 1863 he became Professor of Geology and Chemistry at the École des Beaux-Arts, Paris. He investigated in 1865 the epidemic among silkworms, and succeeded in checking the disease very considerably, thus restoring prosperity to the silk industry. He achieved success in checking hydrophobia by inoculation, and opened a Pasteur Institute in Paris.

Berthelot: Pierre Eugène Berthelot was born at Paris in 1827. In 1857 he became Assistant Professor of Chemistry at the College of France. In 1859 he was appointed Professor of Organic Chemistry in the École de Pharmacie, and shortly after he accepted the newly formed chair of Organic Chemistry at the College of France. He was Minister of Public Instruction from 1886 to 1887, and from 1895 to 1896 Minister of Foreign Affairs. He has worked principally at synthetical chemistry, the nature of explosions, and the heat phenomena of chemical combination.

Page 17

l'Académie des sciences was established in 1666 at Paris under the patronage of Louis XIV. It has done much for the advancement of science by encouraging in every possible way original research among its members. It forms one of the five constituent Academies of the Institut de France, the other four being L'Académie française, L'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, L'Académie des Beaux-Arts and L'Académie des Sciences morales et politiques.

la fécule de pomme de terre. *Fecula* is the sediment or lees which subsides from an infusion of many vegetable substances, especially applied to starch.

Page 18

M. Joly: Prof. J. Joly, F.R.S., of Trinity College, Dublin.

Page 19

les rayons de Becquerel. Prof. Henri Becquerel of Paris, soon after the discovery of Roentgen Rays, made the still more remarkable discovery that uranium salts have the power of emitting rays capable —even after passing through sheets of glass, ebonite, and metals— of producing photographic effects as well as of rendering air a conductor of electricity. In 1876 he discovered that certain compounds emitted rays in the dark after exposure to light. This observation may be regarded as the beginning of the science of radio-activity. It is believed that these rays are really ultra-violet radiations with a frequency probably four times that of violet light.

de proche en proche, 'gradually.'

M. Rutherford: Dr. Rutherford, late of Trinity College, Cambridge, now Professor of Experimental Physics at the M'Gill University, Montreal.

Page 20

désactivation, 'disintegration.'

la constante. The intensity of the radiation diminishes with the time according to a simple exponential law $I = I_0 e^{-at}$. If t is expressed in days, $a = \cdot 00495$, or the intensity falls to half its value in 140 days.—Mme Curie, Academy of Sciences, January 29, 1906.

donnée, 'one of the data.'

étalon, 'standard of weights and measures.'

le verre de Thuringe: Thuringia, an ancient kingdom of Germany, celebrated for its glass-works.

le sulfure de zinc de Sidot: this is a phosphorescent screen made by Sidot of hexagonal blende (zinc sulphide), which when exposed to radium emanations becomes covered all over with brilliant specks of green light.

la kunzite: a rare form of the mineral spodumene—a silicate of aluminium and lithium.

la loi de Gay-Lussac: better known in England as Charles' and also as Dalton's Law. The volume of any gas at constant pressure varies directly as the absolute temperature.

Page 21

MM. Ramsay et Soddy: Sir W. Ramsay, F.R.S., the distinguished Professor of Chemistry at University College, London. He has devoted much time to investigations of the composition of the atmosphere. In conjunction with Lord Rayleigh he isolated argon, and later four other elements—helium, neon, krypton, xenon, thus forming a group of gases exhibiting remarkable inertness. He has done much in investigating the phenomena of radio-activity.

Page 22

de toute pièce, 'altogether.'

à l'heure actuelle, 'to-day,' 'at the present time.' Note the difference between *actuel* and 'actual' (*réel*).

Page 23

M. et Mme Curie: M. and Mme Curie of Paris, the joint discoverers of radium. Mme Curie is a Polish lady, she isolated independently a very radio-active substance, supposed to be an element. It was called Polonium in her honour. The existence of such an element is doubtful. They obtained very small quantities of a radium salt, together with barium, from very large quantities of pitch-blende. The Royal Society of London has awarded them the Sir Humphry Davy medal, a very great honour. The sad death of M. Curie occurred in April 1906.

physiciens, 'physicists.' The English 'physician'=*médecin*.

le non-fondé, 'the incorrectness.'

force était, 'it was necessary.'

voie sèche, 'by the dry process *or* method.'

Page 24

rayons cathodiques: the rays emitted from the dark space separating the negative glow from the negative pole in high vacua tubes. Many experiments tend to show that the extent of this dark

space measures the mean free path of those corpuscles which are charged by contact with the negative pole and are then repelled.

raies: note the difference between *rayon* ('ray of light') and *raie*. Here *raies* refers to the characteristic *lines* in the spectrum of radium.

Page 25

savoir, 'that is to say.'

les rayons α, β et γ: α-rays = matter charged with positive electricity. Their ratio of penetration for aluminum is ·0005 cm. β-rays = matter charged with negative electricity. Their ratio of penetration for aluminium is ·05 cm. γ-rays not deviable by magnetic field, more penetrating than α- and β-rays. They are not matter but an undulatory motion. They somewhat resemble the X-rays.

désagrège, 'breaks away,' 'becomes disaggregated.'

parcelles, 'particles.'

ioniser: to dissociate or break up certain substances called 'salts' when dissolved in water or certain other solvents into their respective constituents called *ions*. These anions and kations can be urged in opposite directions by an electric current; they generally 'migrate' at different rates.

Roentgen: Dr. Wilhelm Roentgen was born in 1845, and educated at the University of Zurich. In 1870 he became assistant to Prof. Kundt at [illegible] [illegible] 1888 he has been Professor of Physics there. He i[illegible] of what is commonly called the 'New P[illegible]' [illegible] produced the X-rays in 1895 in a Crooke's [illegible] than that usually employed in the production of cathode rays.

Page 26

les rayons S ou de Sagnac: these are similar in character to the Becquerel rays. Sagnac also proved the non-homogeneity of the radiations and the possibility of polarising and reflecting them.

méthode Broca: Paul Broca, a celebrated French surgeon, member of l'Académie de Médecine, has founded a school of anthropology.

Page 27

troubler, 'disturb.' 'To trouble' is *ennuyer*, *déranger*.

du reste, 'besides.'

ouate, 'cotton-wool.'

au fur et à mesure, 'in proportion as.'

Page 28

fît: note the subjunctive after *avant que*.

Page 30

quelle que soit, 'whatever may be.'

liège, 'cork.'

Page 31

Coulomb: Charles Augustin de Coulomb (1736–1806) was born at Angoulême, and made many investigations in frictional electricity. He invented the torsion balance, for measuring the force of magnetic and electric attraction.

dressèrent des tables, 'drew up tables.'

Page 32

Figuier: Louis Figuier (1819–1894) was born at Montpellier. In 1853 he became professor in the École de Pharmacie in Paris. He wrote several popular books on modern science and industry.

Watt: a celebrated English engineer, who did much to improve the steam-engine, especially in inventing a separate condenser. See note, p. 75.

Olivier Evans: an American engineer who invented the high-pressure steam-engine.

Page 33

l'expérience de Leyde: the famous experiment of Musschenbrock and Cuneus at Leyden, which led to the discovery of condensers. Some authorities, especially Poggendorff, ascribe its discovery to Dean Kleist.

Franklin: Benjamin Franklin (1706–1790), an American journalist, diplomat, and statesman. He made many important discoveries in electricity, and is especially remembered for proving that lightning and electric discharges are identical.

excitateur: known in England as 'discharging tongs.'

Page 35

Franklin mourut: note the difference between the use of the past definite and past indefinite of *mourir*. Here *mourut* is used as being an historical event, but one would say 'Mon ami *est mort* la semaine dernière' as being a recent event.

Page 36

rhéophores: a term used in physics for denoting the metallic threads or wires, which in a battery conduct the current.

2000^{el}: 2000 cells or voltaic couples.

824,000^{cq}: an area of 824,000 square centimetres.

Davy: Sir Humphry Davy (1778–1829), a distinguished English scientific lecturer and discoverer. He isolated potassium, sodium, and magnesium, and proved the true nature of the alkalies, potash and soda. In 1815 he investigated fire-damp (methane), and invented the safety-lamp bearing his name.

Despretz: César Mansuete Despretz (1789–1863) was a French physicist who made important experiments on the Law of Mariotte, the expansion of liquids, and latent heat.

Bunsen: Robert Wilhelm Bunsen was successively Professor of Chemistry at Marburg and Heidelberg. He wrote many papers on chemistry, physics, and geology, and with Kirchhoff originated spectrum analysis.

Page 37

MM. Fizeau et Foucault: these physicists are chiefly remembered as having determined the velocity of light independently and by different methods. Foucault first demonstrated the diurnal motion of the earth by the aid of a pendulum.

en regard, 'facing one another.'

Page 38

charbon des cornues de gaz, 'gas carbon,' i.e. the carbon which lines the retorts in which coal has been distilled for some time. It is a good conductor of electricity and therefore suitable for battery-plates and arc-lamp pencils.

usure, 'wearing away.' Note the difference between *user* 'to wear out,' and *se servir de*, 'to use.'

M. Jablochkoff: Paul Jablochkoff, in the year 1876, constructed the first commercially practical electric candle. This system was first used in Paris, and in 1878 was introduced on the Victoria Embankment in London.

Page 39

Gramme is chiefly known from the name of a dynamo bearing his name. He invented in 1871 the ring-armature for dynamos.

la lampe Carcel. In France a standard known as the Carcel burner is generally used, which burns pure colza oil, at the rate of 42 grammes per hour, with a flame 4 centimetres high.

Edison: an American electrician. Inventor of the phonograph and other instruments. He has done much for the improvement of incandescent electric lighting.

creuset: see note, p. 13.

Page 40

Swan: an English electrician, who first exhibited a glow lamp at a meeting of the Newcastle-on-Tyne Chemical Society in 1878. He has since much improved these lamps by improving the filaments used.

Page 42

rochet, 'rack' if used in clock-making or 'ratch' if used with reference to machinery.

Page 43

Wheatstone : Sir Charles Wheatstone, F.R.S. (1802–1875), physicist, was born and educated at Gloucester. He began life as a musical-instrument maker in London. His experiments in sound and optics made him famous, and he was appointed Professor of [illegible] K[illegible] College, London, in 1843. He conducted in the vaults [illegible] famous experiments on the transmission of electricity along wires, and some of the earliest telegraphic messages were sent from the terrace of Somerset House to the top of the Shot Tower on the opposite side of the river. In conjunction with W. F. Cooke, in 1837, he took out a patent 'for improvements in giving signals and sounding alarums in distant places by means of electric currents through metallic conductors.' From this instrument has grown the Telegraph System of the [illegible] He also conducted many important researches, one [illegible] in the invention of the Wheatstone bridge. He died in Paris and left his library and instruments to King's College.

Page 44

fastes horlogers, 'records of clockmaking.'

l'arrière plan d'une scène, 'the background of a stage.'

d'outre-Jura, 'on the other side of the Jura mountains,' i.e. in Switzerland.

Besançon : the capital of the old province of Franche-Comté and of the present department of the Haute-Saône. It was the Roman Vesontio, and is justly proud of its splendid school of clockmaking.

détient le record de l'extraplat, 'holds the record for flatness.' Most of the sporting-terms used in French are borrowed from English.

au millésime de 1901, 'with the date of 1901.'

tous les mobiles du rouage, de la cadrature et du remontoir, 'all the motive power of wheelwork and winders.'

laiton, 'brass wire.'

Page 45

chevillot, 'little pin.'

incruster, 'enclose,' 'encase.'

un $\frac{3}{4}$ platine, 'a $\frac{3}{4}$-plate.'

ancre de côté, 'escapement movement.'

remontoir à bascule, 'patent winder.'

œillets, 'eyelet-holes.'

chaton, 'case' (of a watch).

montre à billes, 'a watch with ball bearings.'

cuvettes, 'domes.'

bisontins : the adjective of Besançon, 'and come from Besançon.' These adjectives, derived from names of towns, are very irregular in

formation, e.g. *boulonnais* (of Boulogne), *lexovien* (of Lisieux), *malouin* (of St. Malo), *tourquennois* (of Tourcoing).

Page 46

gutta-percha. Percha is the Malay name of the tree from which this gum is obtained. It resembles caoutchouc in many of its properties, and is extensively used for many economical purposes.

cale, 'hold' (of a ship).

bobine, 'core' (of wood).

tambour des roues, 'paddle-box.' Note the number of different words there are for the English word 'box,' e.g. *boîte, malle, tronc, loge, gifle,* etc.

Page 47

cuirasse, 'shell.'

aussi pèse-t-il : note that when a sentence begins with an adverb such as *aussi, peut-être,* the verb and subject are inverted.

Page 49

12,000 tonnes : a *tonne,* or *tonneau de mer,* is 1000 kilogrammes or 19 cwt. 12 oz. 5 dwt.

ponts, 'decks,' not bridges.

entreponts, 'between decks,' 'lower decks.'

Euclide : Euclid (*circa* 300 B.C.) proved this geometrically with reference to a sphere in the 26th, 27th, and 28th [illegible] treaty on optics.

Galien : Galen (A.D. 130–201) first showed how the demonstration could be made in his *De Usu Partium Corporis Humani,* first printed at Lyons in 1550.

Porta : Porta wrote on it in his book on Refraction.

Gassendi : Pierre Gassendi (1592–1655) was a French philosopher and mathematician, who revolted from scholastic philosophy and studied physics and astronomy. He became Professor [illegible] at the Collège Royal at Paris, and died there.

Harris : Harris in 1775 wrote and published his work on Opticks. He made a considerable step towards a sound theory of binocular vision.

Wheatstone : Sir Charles Wheatstone's contribution to the physiology of vision appeared in the *Philosophical Transactions* of 1838. See note, p. 43.

le 25 juin 1838 : there is evidence that Wheatstone had reflecting stereoscopes constructed for him as early as 1833. His papers record investigations extending over several years.

Page 50

Brewster: Sir David Brewster, in papers read to the Royal Society of Edinburgh in January 1843 and April 1844, showed that considerable progress had been made in this subject. He invented the lenticular or refracting stereoscope.

fit à Paris en 1850: Duboscq, a Parisian optician, initiated the manufacture of lenticular stereoscopes.

Page 51

aimantée et désaimantée, 'magnetised and demagnetised.'

Page: Dr. C. G. Page of Salem, Massachusetts, made this discovery in 1837.

De la Rive: Auguste Arthur de la Rive (1801–73), electrician, was born at Geneva; and from 1823 filled the chair of Physics at the University there. He wrote a treatise on electricity, and contributed many articles to scientific journals.

Bourseul: Charles Bourseul contributed in 1854 an interesting article to *L'Illustration* (Paris) on the electric transmission of speech. He anticipated much of the work of Reis.

50 centimes = fivepence. About the same time toy telephones were sold in the shops of London for 1s. or 6d. Later they could be bought in the streets for 1d.

Page 52

embouchures, 'mouthpieces' (in the shape of cylinders).

Reiss: Philip Reiss gave a lecture before the Physical Society of Frankfort in 1861, at which he described an apparatus for the transmission of sound, which has given rise to much discussion as to priority in the invention of the telephone.

M. Graham Bell was a Scotsman, but spent a great deal of his time in America. His early telephone experiments were suggested while acting as a teacher of the deaf and dumb.

Alexandre Melville Bell: Alexander Melville Bell had especially studied the mechanism of the voice. This knowledge was invaluable to his son.

Page 53

M. Helmholtz: Hermann von Helmholtz (1821–1883) was Professor of Physiology at Königsberg, and afterwards at Heidelberg. In 1871 he became Professor of Physics in Berlin. He was equally distinguished in physiology, mathematics, experimental and mathematical physics.

Elisha Gray communicated several papers on experiments made by him to the American Electrical Society in 1875 and 1878.

Edison: Thomas Alva Edison, born in 1847, is a famous inventor. He has taken out numerous patents in connexion with telegraphy, including duplex and quadruplex systems, the megaphone, phonograph, various adaptations of the electric light, the kinetoscope and metallurgical methods. See note, p. 39.

Varley: Cromwell F. Varley proposed to make use of a condenser in a telegraphic receiving-instrument.

assistants, 'bystanders,' 'lookers-on.'

Page 54

de Candolle: Augustin Pyrame de Candolle (1778–1841) was born at Geneva. He came to Paris and lectured on botany, and in 1807 was made Professor of Botany at Montpellier, and in 1816 at Geneva. His great work, *Regni Vegetabilis Systema Naturale*, was finished by his son.

Page 55

Hartmann: Robert Hartmann was a German philosopher and man of science who was born in Berlin in 1842.

protoplasma, 'protoplasm,' the physical basis of organised tissues. It is the simplest form of living matter. It is a transparent, viscid, insoluble, unstable substance of a proteid nature. It contains 70 per cent of water. At a temperature of 130° C. it coagulates.

plasmodies: jelly-like masses of free protoplasm without any surrounding wall or membrane.

Myxomycètes: a group of organisms regarded by some as animals, but now generally thought to be plants.

M. Boussingault: Jean Baptiste [illegible] (1802–1887) was an agricultural chemist, who was born [illegible] He was professor at Lyons.

la chlorophylle: the name of the substance which gives the green colour to plants. It is said to be formed by small grains of protoplasm in the general protoplasm of the cell and known as chloro-plastids or chlorophyll gra[illegible] the colourless grains or leucoplastids. The [illegible] ll is uncertain. According to some authorities it consists of two distinct substances, one of which, cyanophyll, is blue and soluble in ether, the other, xanthophyll, is yellow and insoluble. This opinion is, however, opposed by other observers who regard the two forms as decomposition products. The solution of chlorophyll in ether possesses a fine green colour, and gives with the spectroscope several characteristic absorption-bands.

Page 56

l'amidon, 'starch,' a carbohydrate having the composition $C_6H_{10}O_5$. It is found in most seeds, and forms the source of food for the embryo, being converted into sugar, thus supplying nourishment until the roots are sufficiently developed to obtain it from the soil.

Paul Bert: a French physiologist and statesman, was born at Auxerre 1833. He became Professor of Physics at Bordeaux and

then at Paris. With the advent of the Republic of 1870 he took to politics, and in 1881 he became Minister of Public Instruction. In 1886 he was appointed Governor of French Indo-China, but died shortly after reaching his post. His chief work was connected with experiments on the movements of the sensitive, on changes in barometric pressure, and in the analysis of gases in the blood. His elementary textbook, *The First Year of Scientific Knowledge*, is a classic of its kind.

qu'on le place : note that when a conjunction ends in *que*, it is not necessary to repeat the whole of it, but only the *que*.

conductibilité, 'by conduction,' the transmission of heat-energy through a mass, by the increased vibrations of the molecules from the position of higher temperature to that of lower temperature.

par rayonnement, 'by radiation,' the transmission of heat-energy by the undulations of ether.

les châssis, 'the glass frames.'

émirent : past definite of *émettre*.

Page 57

Prévost, de Genève : this is a reference to the hypothesis, now generally accepted and known as 'Prévost's theory of exchanges.' All bodies, whatever their temperature, constantly radiate heat in all directions. Even when bodies near each other have reached the same temperature, heat is still exchanged between them, only each receives as much as it emits and the temperature remains constant. This state is called the mobile equilibrium of temperature.

Rumford : Count Benjamin Thompson Rumford (1753–1814) is chiefly remembered as the founder of the Royal Institution, London, and by investigations in the science of heat, which eventually led to the discovery of the mechanical equivalent of heat by Joule.

Page 58

Despretz : see note, p. 36.

Page 59

M. W. Siemens : Werner and Charles Siemens were born at Leuthe in Hanover. They were educated at the Gymnasium at Lübeck, the Polytechnic School a[illegible] the University of Göttingen, under the celebrated [illegible]. They belonged to a family of inventors, and came to England in 1843. The great firm of Siemens Brothers is the result of their energy, enterprise, and ability. They were the joint inventors of numerous improvements connected with telegraphy, electric light, and the electric transmission of power. Sir William Siemens died in 1883.

la loi de Dulong et Petit. 'The quantity of heat lost or gained by a body in a second is proportional to the difference between its temperature and that of the surrounding medium.' This was first enunciated

by Newton. Dulong and Petit proved that the law was not so general as Newton supposed, and only applies when the differences of temperature do not exceed 15° to 20°. Beyond this, the quantity of heat lost or gained is greater than that required by this law.

Page 60

Matteucci: Matteucci's researches in electricity helped to advance the practical applications of induced currents.

Page 63

Newton: Sir Isaac Newton (1642–1727), a distinguished mathematician and philosopher. At an early age he became Professor of Mathematics at Cambridge. For many years previous to his death he was Master of the Mint. His chief discoveries were the laws of gravitation and the composite nature of white light.

quadratures: the finding of a square having the same area as a given curvilinear figure. The operation of finding an expression for the area of a figure bounded wholly or in part by a curved line, as by a curve two ordinates and the axis of abscissas. Newton published his great work on the *Quadrature of Curves* in 1704.

la méthode même des fluxions: fluxions was a method of analysis developed by Newton, and based on the conception of all magnitudes, as generated by motion and involving in their changes the notion of velocity or rate of change. This is the theory of the Differential Calculus, the inception of which was claimed by both Newton and Leibnitz. The word fluxion was used by Newton with the idea of flowing. Thus he regarded a line as the flowing of a point, a surface of a line, and a solid of a surface.

Page 64

Laplace: Pierre Simon, Marquis de Laplace (1749–1827), mathematician and astronomer, was for some time Professor of Mathematics at the Royal Military School, Paris. He published many treatises on lunar and planetary problems, molecular physics, electricity, and magnetism. He is probably best known in England as the author of the Nebular Theory.

Page 65

Volta: Alessandro Volta (1745–1827) was a physicist and for many years Professor of Natural Philosophy at Pavia. He mainly developed the theory of current electricity. He discovered the electric decomposition of water, invented a new electric battery, the electrophorus, and an electroscope.

M. Œrsted: Professor H. C. Œrsted of Copenhagen (1774–1851) made his most important discovery in 1820.

Davy: see note, p. 36.

Page 66

M. Arago: François Jean Dominique Arago (1786–1852), astronomer and physicist, was for a long time Director of the Paris Observatory. He did much to advance the science of astronomy, magnetism, and optics. In 1820 he discovered that iron and steel could be magnetised by an electric current. In 1824 he made his most remarkable discovery on the magnetism of rotation.

M. Faraday: Michael Faraday (1791–1867) rose from the position of bookseller's errand-boy to the highest scientific position as lecturer, experimenter, and discoverer. For many years he was associated with the Royal Institution, London, where his many splendid researches were carried out. He was eminent both as a chemist and physicist.

chlorures de carbone: the chlorides of carbon discovered by Faraday were tetrachlormethane CCl_4, tetrachlorethane C_2Cl_4, and hexachlorethane C_2Cl_6.

Ampère: André Marie Ampère (1775–1836), mathematician and physicist, was Professor in the Collège de France. He established the elementary laws of electrodynamical action.

faisceaux, 'pencils.'

Page 67

diaphane, 'transparent.'

sinus, 'sine' (of an angle).

catoptrique, 'catoptric' or 'reflecting.' This was the name given to the telescopes constructed by Gregory, Newton, Herschel, etc.

dioptrique, 'dioptric' or 'refracting,' such as the Galilean telescope and the opera-glass.

Page 68

l'Institut: see note, p. 17.

spath d'Islande, 'Iceland spar,' a very pure and transparent form of calcium carbonate $CaCO_3$. It may be interesting to remark here that the double refraction of Iceland spar was discovered by Erasmus Bartholinus, and was first described by him in a work published in Copenhagen in 1669.

Huyghens: Christian Huyghens (1629–1693), physicist, was born at The Hague. He made important advances in horology. With an improved telescope of his own construction he discovered the ring and fourth satellite of Saturn. He sought to account for the phenomenon of double refraction on the principles of a wave-theory, and he succeeded in doing so.

Malus: in 1808 Malus, who made the great discovery that light can be polarised by reflection, later demonstrated that heat also can be polarised. He also formulated the Law of Rationality of the parameters of crystalline series.

Page 69

Deluc: Jean André Deluc (1727–1817), geologist and meteorologist, was born at Geneva, and settling in England in 1773 was appointed reader to Queen Charlotte until his death, which took place at Windsor. He discovered facts of much importance in the theory of heat and moisture.

M. Dalton: John Dalton (1766–1844) was for a time teacher of mathematics and physical science in New College, Manchester, and afterwards a private tutor. In 1794 he first described colour-blindness (Daltonism). His chief researches were concerned with the physical properties of the mixtures of gases, the force of steam, the elasticity and pressure of gases and their relation to heat. In chemistry, he wrote on the absorption of gases by water, carburetted hydrogen, etc., while his atomic theory elevated chemistry to an exact science.

Page 72

Fresnel: Augustin Jean Fresnel (1788–1827), physicist. Was head of the department of Public Works, Paris. His investigations in optics contributed materially to the establishment of the Undulatory Theory of Light. He invented the well-known compound light-house lens

non étamée, 'unsilvered.'

spath calcaire: calc spar, a form of calcium carbonate, much less pure than Iceland spar.

Page 73

réfringents, 'refracting.'

Page 74

Galvani: Luigi Aloisius Galvani (1737–1798), professor at Bologna, made some important discoveries by observing the effect of joining together dissimilar metals, the other extremities of which were placed in contact with the exposed nerve and muscle of a frog's leg. When published, his experiments and explanations were much talked about and gave rise to a scientific war between his followers and those of Volta. He has given his name to galvanism, galvanometer, etc.

Page 75

Watt: James Watt was born at Greenock, 1736, and died 1819. He was a mathematical-instrument maker, and invented a separate condenser for the steam-engine. His work included improvements in the air-pump, the steam-jacket for cylinder, and the double acting engine. He obtained patents for the double engine, the parallel motion, a smokeless furnace, and the governor.

Page 76

Boyle: the Hon. Robert Boyle (1627–1691) experimented in pneumatics, and improved the air-pump. He believed in the possibility of some of the alchemistic transmutations, but has been rightly called the true precursor of the modern chemist. He discovered the law relating to the volume and pressure of gases, seven years before Marriotte.

Page 77

repère, 'mark.'

Page 78

Victor Regnault: Henri Victor Regnault (1810–78) was a mining-engineer and a professor at Lyon. He came to Paris in 1840, where he occupied chairs at the École Polytechnique and the Collège de France. Afterwards he became Director of the Sèvres Porcelain Works. He investigated the physical and chemical properties of gases, the specific and latent heat of many substances, and the properties of steam-engines, and published a textbook of chemistry.

Rankine: W. John Macquorn Rankine (1820–1872) was born at Edinburgh. In 1855 he was appointed to the chair of Engineering at Glasgow. His works on the steam-engine, machinery, shipbuilding, and applied mechanics, became standard textbooks. He did much to advance the science of thermodynamics.

Page 81

Sainte-Claire-Deville: Henri Étienne Sainte-Claire-Deville (1818–1881) was born in the West Indies. He became Professor of Chemistry in the Normal School, Paris, and shortly afterwards in the Sorbonne. He was the first to produce aluminium and platinum in commercial operations. He demonstrated the general theory of dissociation, and succeeded in producing artificially the sapphire.

l'affinage, 'refining.'

Alais: the centre of a coal-field in the department of the Gard.

Firminy: a coal-mining town near St. Étienne.

Decazeville: the centre of the coal-fields of the department of Aveyron in the south of France.

Page 82

d'usines en chomage, 'works closed down.'

Page 83

fours à réverbère, 'reverberatory furnaces.'

Beaumont: Jean Baptiste Élie de Beaumont (1796–1874), a French geologist, born at Caen.

Archimède: Archimedes (*c.* 287–212 B.C.), the most celebrated of ancient mathematicians, was born at Syracuse. He alone of the ancients contributed anything of value to the theory of mechanics and hydrostatics. He discovered that a solid immersed in a liquid displaces its own volume of that liquid. He invented the endless screw, and the Archimedean screw or spiral pump for raising water.

Page 84

Aristote: Aristotle (384–322 B.C.) took all science for his province, and his deductive methods were universally employed until Bacon popularised induction.

Galilée: Galilei Galileo (1564–1642), mathematician and physicist. He proved the laws of falling bodies, invented a hydrostatic balance, a species of thermometer and perfected the refracting telescope. He discovered the four satellites of Jupiter, and spots on the sun. He was persecuted by the Inquisition.

Page 85

curviligne, 'curvilinear,' with curved lines.

d'Alembert: the famous collaborator with Diderot in the Encyclopædia (1717–1783) was a foundling and added d'Alembert to Jean le Rond, the name of the Church near which he was found. His passion was mathematics and his *Traité [illegible]* was an epoch-making work. He wrote the *Discours [illegible]* for the *Encylopédie* and edited all the mathematical parts.

Lagrange: Joseph Louis, Comte Lagrange, was born in 1736 at Turin of French parentage. For some time he was Professor of Mathematics in the Artillery School there; but in 1766 Frederick the Great appointed him Director of the Berlin Academy on account of his reputation gained by completing the Calculus of Variations, and by [illegible] 'nto harmonics. His principal work is the *Mécanique* [illegible] which this extract is taken. It was originally read as [illegible] he Berlin Academy, and published in 1788. Its central theory is the principle of virtual velocities. He died in 1813.

Page 87

des arbres de manivelles, 'the axles of cranks,' 'crank-shafts.'

treuils, 'wheels and axles.'

stabilisateurs, 'horizontal rudders.'

déviateurs, 'vertical rudders.'

dit lamellaire, 'called lamellate' (i.e. made of lamellae or thin plates).

en persienne, 'as in a Venetian blind.'

la surface alaire, 'the surface of the wings or sails.'

entretoises transversales, 'transversal cross-pieces.'

mince tôle d'aluminium, 'thin sheet of aluminium.'

la roue de transmission, 'gear wheel.'

envergure, 'stretch (of sail).'

nacelle, 'car.'

Page 89

Monge: Gaspard Monge (1746-1818) was a famous French mathematician and physicist. During the Revolution he took charge of the manufactories of arms and gunpowder, and was minister of marine. He founded the École Polytechnique, and was with Napoleon in Italy and in Egypt. This extract is from a work written in connexion with his stay in Egypt. One of the great schools of Paris is named after him.

M. Robert Mayr: Julien Robert von Mayer (1814–1878) was a physician of Heilbronn. In 1842 he published anticipatory views concerning the mechanical equivalent of heat quite independent of Joule's work.

Page 91

Le Verrier: Urbain Jean Joseph Leverrier (1811-1877) was an astronomer who held several important educational posts in France. In 1854 he succeeded Arago as Director of the Paris Observatory. He shares with the late J. C. Adams of Cambridge the honour of the discovery of the planet Neptune.

Hipparque: Hipparchus (160–125 B.C.), the first great astronomer. He discovered the precession of the equinoxes and the eccentricity of the sun's path, and drew up a catalogue of over a thousand stars.

Ptolémée: Ptolemy or Claudius Ptolemaeus (A.D. 139–161), astronomer and geographer, was born in Egypt. He wrote important works on astronomy, not so much as an independent investigator, as a corrector and improver of the work of his predecessors.

Page 92

pour quelque esprit que ce fût, 'for any mind at all.'

milliards, 'thousands of millions.'

nul et non avenu, 'null and void.'

dizaine, 'about ten.' The ending *-aine* shows approximateness as in *douzaine, vingtaine, centaine.*

Page 94

boisseau, 'bushel.' The French *boisseau* was really about a peck and a half (2·75 gallons).

Flammarion: Camille Flammarion was born at Montigny-le-roi in 1842. From 1858 to 1862 he was employed at the Paris Observatory,

which he left to devote himself to astronomical fiction and journalism. He also lectured on popular astronomical subjects as R. A. Procter did in England. He edited the *Cosmos* magazine, and his two best known works are *La Pluralité des mondes habités* and *Uranie*. This latter was published in 1889 and the present extract is taken from it.

le laminage, 'the rolling.'

Page 95

mercaptan: this is ethyl hydrosulphide or ethylic thio-alcohol, C_2H_5SH, the sulphur analogue of ethyl alcohol. It has a most intolerable odour of onions, which adheres to the clothes and person with great obstinacy.

Page 96

sidéraux, plural masculine of *sidéral*, 'sidereal.'

actuellement, *not* actually.

le néant, 'void,' 'nothingness.'

Page 97

le toucher, l'odorat et l'ouïe, 'the senses of feeling, smell, and hearing.' The other two are *la vue et le goût*.

fils de Tartufe, 'hypocrites.' Tartufe is the eponymous hero of Molière's most famous play.

Page 98

Parmentière: so called from Parmentier (1737–1813) the introducer, or rather the populariser, of the potato in France. See below.

imparipennée, 'imparipennate' (Lat. *impar* 'unequal' and *pinnatus* 'winged').

à folioles: *foliole* (diminutive of Latin *folium*), 'leaflet.'

cymes, 'cyme' (Latin *cyma*), a term applied to any definite form of inflorescence.

scorpioïdes, 'scorpioid,' having the main axis of an inflorescence curved at the end like the tail of a scorpion.

corymbiformes, 'corymbiform,' producing corymbs bearing fruit, berries or flowers in clusters. It is a term applied to any inflorescence in which the lower parts are very long and the upper very short, e.g. candytuft.

Raleigh: Sir Walter Raleigh (1552–1618) is stated to have planted tobacco and potatoes at his seat (Youghal) in Ireland.

Page 99

vivace, 'hardy' 'perennial' (of plants).

périoste, 'periosteum,' the membrane of fibrous connective tissue, which closely invests all bones except at the articular surfaces.

jouit-elle: see note, p. 47.

Page 100

Cuvier: Leopold C. F. D. Cuvier, better known by his literary title as Georges Cuvier (1769–1832), was the foremost of comparative anatomists. He became Assistant Professor at the Jardin des Plantes. In 1803 he was made permanent Secretary of the Academy of Sciences, and Chancellor of the University of Paris. He also occupied a prominent political position. Though not very original in his work, his great grip of facts made him famous in the scientific world. His four types of vertebrate, mollusc, articulate and radiate are now known to give a false simplicity to nature. His structural method made classification more natural. He published several important works, the chief of which was *Recherches sur les Ossemens fossiles des Quadrupèdes.* He was the first to apply the science of comparative anatomy to the study of bones of fossil animals.

Flourens: Marie Jean Pierre Flourens (1794–1867) was a French physiologist, whose chief works deal with the development of the bones, the longevity of man, and the instinct of animals.

Page 102

De Blainville: Henri Marie Ducrotay de Blainville (1778–1850) was Cuvier's successor as Professor of Comparative Anatomy at Paris.

Page 103

onguiculés, 'unguiculata'—a group of mammals possessing claws.

Geoffroy Saint-Hilaire (1772–1844) was a French zoologist who began the collections of the Jardin des Plantes at Paris. This extract is taken from his great work, published in 1818–20.

actuelles: see note, p. 96.

me dira-t-on: note the inversion of a parenthetic sentence as in *dit-il, m'écriai-je.* Translate 'I shall be told.'

Page 105

l'hyène: the hyena of Persia and Morocca belongs to the same species as the striped hyena (*Hyaena striata*). The hairs on the body are long, especially on the ridge of the neck and back, where they form a distinct mane, which continues along the tail.

Page 107

infusoires, 'infusoria,' microscopic aquatic animals belonging to the protozoa, and provided with a mouth and rudimentary digestive apparatus. The surface of their bodies is generally provided with cilia.

polypes, 'polypes,' an aquatic animal of the radiate type. It has no special organ of sense, and is capable of multiplying by buds as well as by ova.

algues, 'algae,' the name given by botanists to the order of flowerless plants, of which sea-weeds are the most prominent representatives. They differ from the fungi by possessing chlorophyll and consequently are not dependent on other organisms for nutrition.

dicotylédon: a plant whose seeds divide into two root-leaves in germinating.

fucus: a genus of sea-weeds of a tough leathery kind.

ulva: a genus of thin, bright, green sea-weed, including sea-lettuce.

les conferva: 'conferveae' (Latin *confervere*, 'to boil'), are filiform algae to be met with in most waters. They reproduce by zoospores.

sertulaires: a genus of delicate branching hydroids.

De Lamarck: Jean B. A. P. de Lamarck (1744–1829), a naturalist and pre-Darwinian evolutionist, was a lecturer for many years at the Royal Garden in Paris (afterwards formed into the Jardin des Plantes) on Invertebrate Zoology.

Page 108

prophylactique, 'prophylactic,' a preventive medicine.

trépanation: a surgical operation for relieving the brain of pressure or irritation.

dure-mère, 'dura-mater,' literally hard mother. The very tough fibrous membrane which lines the cranial cavity.

Page 109

seringue Pravaz: this is the usual hypodermic syringe.

le sérum de Calmette: Adolphe Calmette invented a serum to immune persons from snake venom in 1895.

Page 111

venin du mamba, 'the poison of puff-adders.'

classique, 'standard,' 'regular.'

baie d'Along: Along or Allong is a bay in the north-east of the Red River Delta in Tongking.

canonnière, 'gunboat' (also 'pop-gun'). Distinguish from *canonnier*.

Page 112

à hauteur du rocher la "Noix," 'when off the Nut Rock.'

par bâbord devant, 'on the port bow.'

la coupée, 'the sally-port.'

timonier breveté, 'signalman A.B.'

second maître de timonerie, 'second chief yeoman of signals.'

quartier-maître mécanicien, 'engineer quarter-master.'

à fleur d'eau, 'on a level with the water.'

un sous-marin dans sa plongée, 'by a submarine when it goes down.'

Page 113

le fusilier breveté, 'rifleman A.B.'

la hanche tribord, 'the starboard quarter.'

le gabier auxiliaire, 'second-class seaman.'

Page 114

Haast: Sir John Haast (1824–87) was a New-Zealand geologist. He was born at Bonn, and went out to the colony in 1858. In 1867 he was elected F.R.S.

le Kéanestor or Kea Nestor is a large parrot of New Zealand.

Brehm: Alfred Edmund Brehm (1829–1884), naturalist. He studied at Jena and Vienna, and afterwards travelled extensively in various parts of Europe, Africa, and Asia. In 1863 he became keeper of the Hamburg Zoological Gardens. His great work is the *Illustriertes Thierleben*, on which many other natural histories are based.

Page 115

le tarin, 'the tarin' or 'siskin.'

'the tom-tits.'

Boæidés, 'boidae,' a family of snakes with body and tail of moderate length. Snout rounded in front. Scales in various sizes. Teeth strong and unequal in size. Rudiments of hind limbs are generally present. This family includes the boa-constrictor.

Pythons: family *Pythonidae* (Rock-snakes), distinguished from the Boidae by having intermaxillary teeth.

Page 117

étau, 'vice.'

Page 118

gît: third person singular present indicative of the defective verb *gésir* 'to lie' (derived from the Latin *jacere*). It is usually found on tombstones in the phrase: *ci-gît* 'here lies.'

Page 119

sternum: the elongated medial bone situated in the ventral wall of the thorax.

Page 120

Couleuvre: family Homalopsidae, a fresh-water snake of moderate length.

Crotale, 'crotalus,' a family (Crotalidae) of the sub-order *Ophidii viperformes*, which includes pit-vipers and rattlesnakes. It is the latter that are referred to in the text.

Pélophile: another member of the family Boidae.

Page 121

le gaver, 'to gorge it,' 'to cram it with eggs.'

en grand, 'on a large scale.'

d'Aunis et de Saintonge: these are provinces on the west of France, between Poitou and the Bordelais. Their borders varied from time to time, especially during the Hundred Years' War.

Page 122

escargotières: places where snails are bred and reared for edible purposes.

de l'Aube: a department of France to the south-east of Paris, so called from the river Aube, a tributary of the Seine, which flows through it. Its chief town is Troyes.

sarriette, 'common marum,' an aromatic plant.

cerfeuil, 'chevril.'

l'urticaire: from the Latin *urtica*; a skin eruption similar to that produced by contact with the nettle.

peu sapide, 'tasteless.' Note this French method of supplying the lack of vocabulary.

naticoïde, 'naticoid,' i.e. of the genus *natica* of the family of Naticidae.

Page 123

Brewster: Sir David Brewster (1781-1868) physicist, was educated at the University of Edinburgh. He became editor of the *Edinburgh Magazine* and subsequently of the *Edinburgh Encycolpœdia*. He made a special study of optics, invented the kaleidoscope, and improved Wheatstone's stereoscope. For his discoveries on the polarisation of light, he was elected F.R.S. and Copley medallist. For several years before his death he was Principal of the Edinburgh University.

Page 125

Kurt Sprengel: Kurt Sprengel (1766-1833) was Professor of Medicine at Halle, and from 1797 Professor of Botany. He wrote a history of Medicine and a history of Botany.

Page 126

l'aréomètre de Baumé: the hydrometer of Baumé consists of a common hydrometer, graduated for densities above or below that of water. The graduation is made by immersing in pure water, and having marked the stem as 1, it is immersed in solutions of varying yet known densities whereby other marks are obtained. These divisions are called degrees. The densities are obtained by references to special tables compiled for the purpose.

Page 121

le gaver, 'to gorge it,' 'to cram it with eggs.'

en grand, 'on a large scale.'

d'Aunis et de Saintonge: these are provinces on the west of France, between Poitou and the Bordelais. Their borders varied from time to time, especially during the Hundred Years' War.

Page 122

escargotières: places where snails are bred and reared for edible purposes.

de l'Aube: a department of France to the south-east of Paris, so called from the river Aube, a tributary of the Seine, which flows through it. Its chief town is Troyes.

sarriette, 'common marum,' an aromatic plant.

cerfeuil, 'chevril.'

l'urticaire: from the Latin *urtica*; a skin eruption similar to that produced by contact with the nettle.

peu sapide, 'tasteless.' Note this French method of supplying the lack of vocabulary.

naticoïde, 'naticoid,' i.e. of the genus *natica* of the family of Naticidae.

Page 123

Brewster: Sir David Brewster (1781–1868) physicist, was educated at the Univers[illegible]. [illegible]ame editor of the *Edinburgh Magazine* and [illegible] *rgh Encycolpædia.* He made a special study of optics, invented the kaleidoscope, and improved Wheatstone's stereoscope. For his discoveries on the polarisation of light, he was elected F.R.S. and Copley medallist. For several years before his death he was Principal of the Edinburgh University.

Page 125

Kurt Sprengel: Kurt S[illegible] 1833) was Professor of Medicine at Halle, and fro[illegible] of Botany. He wrote a history of Medicine and a history of Botany.

Page 126

l'aréomètre de Baumé: the hydrometer of Baumé consists of a common hydrometer, graduated for densities above or below that of water. T[illegible] is made by immersing in pure water, and having [illegible] as 1, it is immersed in solutions of varying yet known densities whereby other marks are obtained. These divisions are called degrees. The densities are obtained by references to special tables compiled for the purpose.

tanin: tannin is an astringent principle widely diffused in the vegetable kingdom. It dissolves in water, and has an acid reaction. There are many varieties of tannin, but all possess the common property of forming insoluble compounds with gelatin and giving dark coloured precipitates with ferric salts. This action on gelatin is taken advantage of in the preparation of leather, while by the action with ferric salts common ink is made.

Page 134

curcuma: a genus of plants of the order Scitamineae, including the turmeric plant.

le bleu de Prusse: the dark blue precipitate formed by adding potassium ferrocyanide to a solution of a ferric salt.

Page 135

enseigne de vaisseau, 'sub-lieutenant.'

sessiles (Latin *sessilis*), 'low,' 'dwarf.' Botanically, a leaf issuing from the main stem, without a stalk.

gamosépale: from the Greek *gamos* 'marriage': formed of united sepals.

Page 137

endosperme: from Greek *endon* 'within,' and *sperma* 'seed': the albumen of a seed surrounding the embryo, constituting all or part of its food.

Page 140

humus (Latin *humus*), the 'earth,' 'ground,' 'soil.' A deep brown form of soil resulting from the oxidation of solid animal and, especially, vegetable matter. It is a valuable constituent of soils.

repiquer des boutures, 'to plant cuttings.'

Page 143

La Nicotine: nicotine ($C_{10}H_{14}N_2$) is the powerful alkaloid obtained from tobacco. It is a liquid with somewhat offensive odour. It boils at 240° C., and is soluble in water.

la cornée: the cornea or strong horny transparent membrane which forms the front part of the eye.

Page 144

pyrèthre: a species of camomile, much used for making decoctions.

la conjonctive, 'conjunctiva,' the mucous membrane which lines the external surface of the eyeball and the inner surface of the lids.

Page 145

le grand sympathique: the sympathetic system, composed of a series of nerve ganglia, is functional in controlling the movements of the viscera and the vascular system.

le curare: curarine occurs as the sulphate in currara or urari, a resinous arrow poison used by South American Indians, and said to be obtained by boiling a climbing-plant of the genus *Strychnos* with water.

Page 146

pneumogastriques (Greek *pneumon* 'lung,' and *gaster* 'stomach'), 'pertaining to the lungs and stomach.' The pneumogastric nerves are the only cerebral nerves which are distributed to regions remote from the head.

l'hémodynamomètre (Greek *haima* 'blood,' *dunamis* 'force,' *metron* 'measure'), 'an instrument for recording variations in blood pressure.'

Page 147

la paupière nyctitante, 'the nictitating membrane,' a semi-transparent fold of skin, characteristic of birds, which can be rapidly flicked across the eye.

Page 148

cardiomètre (Greek *cardia*, the 'heart'), 'an instrument for measuring the movements of the heart.'

Page 150

Ludwig: Carl Friedrich Wilhelm Ludwig (1816–1895) was a German physicist, who in 1849 became professor of physiology at Zurich, and in 1865 at Leipzig. His great textbook of *Human Physiology* started a new era in that science. He worked in conjunction with Helmholtz, Brucke, and du Bois-Reymond.

Page 151

diurétique, 'producing a discharge of urine.'

Page 152

Claude Bernard: Claude Bernard (1813–1878), physiologist, was born near Villefranche, and studied medicine in Paris. In 1841 he became Assistant to Magendie at the Collège de France. In 1855 he was appointed Professor of Experimental Physiology, and in 1866 elected to the Academy. His earliest researches were on the action of the secretions of the alimentary canal, the pancreatic juice, the liver, and the nervous system. Later researches were on the change of temperature of the blood, the oxygen in arterial and venous blood, the opium alkaloids, curarine and the sympathetic nerves.

Page 154

le fait brut ou le fait brutal, 'the crude or brutal fact.'

il ne saurait: note that the future and conditional of *savoir* are often used for the present and imperfect of *pouvoir*, usually in the negative without *pas*.

Page 155

déterminisme, 'determinism,' the metaphysical doctrine that the will is not free but is inevitably determined by anterior causes.

Page 157

la noix vomique: the poison referred to is strychnine ($C_{21}H_{22}N_2O_2$), obtained from nux vomica and St. Ignatius bean. It is associated with brucine ($C_{23}H_{26}N_2O_4$), another powerful alkaloid. They form white crystals. Strychnine is less soluble than brucine.

Humboldt: Alexandre Humboldt (1769–1859), the celebrated naturalist and learned writer, was born at Berlin. His *magnum opus* was the account of his travels in equatorial America (1799–1804), in which he describes these poisoned arrows.

l'upas antiar: a tree of the genus *Antiaro*, common in the forests of Java and the neighbouring isles. The secretions from it are poisonous.

Page 158

vapeurs de charbon: carbon dioxide (CO_2) and carbon monoxide (CO). The former produces death by suffocation, the latter is a true poison. It forms a compound with the hæmoglobin of the blood, to which the name carboxy-hæmoglobin is applied. This compound prevents the blood fulfilling its function of absorbing and distributing oxygen through the system.

Page 160

Magendie: François Magendie (1783–1855), physiologist and physician. He became prosector in Anatomy and physician to the Hotel Dieu, the chief hospital of Paris, and Professor of Anatomy in the Collège de France. He made important additions to the knowledge of nerve physiology, the veins and the physiology of blood. He wrote numerous works, including the *Elements of Physiology*.

Page 161

la levure de bière, 'the barm or yeast of beer.'

vapeurs ethérées, 'vapours of ethyl ether' ($(C_2H_5)_2O$), commonly known as ether. Chemically, pure ether is frequently used as an anæsthetic.

Page 163

la sclérotique, 'the firm white outer coat of the eye.' It consists of bundles of connective-tissue fibres, and yields gelatin on boiling.

la choroïde, 'the pigmented middle coat of the eye.' It consists mainly of blood-vessels, united by delicate connective tissue.

chondromacoïde : chondrine is a substance resembling gelatin, produced by the action of boiling water on cartilage.

la myosine : myosin is an albuminous body which exists in solution in the living juice of muscle, but coagulates at death.

Page 164

cholestérine, 'cholesterin' ($C_{28}H_{44}O$ probably $C_{28}H_{43}OH$). A non-nitrogenous substance found in many parts of the body, as in bile, blood, brain and nerve tissue. It is a common product of putrefactive change in muscular tissue.

lécithine, 'lecithin' ($C_{42}H_{84}NPO_9$), a wax-like solid found in the brain nerves and blood corpuscles.

Page 165

filante, 'viscous.'

les cônes et les bâtonnets : the cones and rods are the elements which constitute one of the internal layers of the retina. The rods have an elongated cylindrical form, the cones being shorter, thicker, and bulged at the base. Both rods and cones are closely set in a palisade-like manner over a considerable portion of the retina.

la fuscine : a brownish or dark-coloured substance obtained from empyreumatic animal oil.

hémoglobine, 'haemoglobin,' or 'haematocrystallin,' is the colouring matter of blood. Its molecular structure is extremely complicated. It is chiefly remarkable for containing a small but constant amount of iron (about 0·4 per cent).

Kühne : Willy Kühne (1837–1900) was a German physiologist and pupil of Claude Bernard. He was assistant to Virchow at the Berlin Pathological Laboratory, and succeeded Helmholtz as Professor of Physiology at Heidelberg, where he died. He is chiefly known for his researches on vision and the chemical changes in the retina under the influence of light.

Page 166.

lipochromes : these are substances which contain fats and pigments, such as carrotin in carrots. Very little is known of their constitution, which is undoubtedly very complicated.

Page 167

d'émulsionner les graisses, 'to make fatty substances into emulsions.'

or il n'en est rien, 'now such is not the case at all.'

du thymus, 'thymus' or 'thymus gland,' a ductless gland lying beneath the upper extremity of the sternum. It is largest in the embryo, gradually atrophies with age, and is absent in the adult.

Page 168

fibrilles striées, 'small striated fibres.'

céphalopodes, 'cephalopod,' a sub-division of the Mollusca. Their ventral surface is an enormously developed muscular foot, provided with tentacles and suckers, enabling them to cling to objects with great tenacity.

ancilla anatomiae, 'the handmaid of anatomy.'

Page 169

nisus, 'striving.'

ce quid ignotum, 'that unknown something.'

ce quid divinum, 'that divine something.'

Page 170

Tremblay (1700–1784) was a Swiss naturalist. He was born at Geneva.

Page 171

Fort-Mahon (Somme): in the canton of Quend, north of the mouth of the river Somme.

éolienne: sedimentary Æolian rocks, their contour altered by the action of winds like the vast beds of loess which form some of the most fertile tracts of China.

Page 174

Franklin: see note, p. 33.

Eaux-Bonnes: a thermal station of the Pyrenees in the Department of the Basses Pyrénées.

Page 175

maisons tournesol, 'houses that are always turned towards the sun.' *Un tournesol* is a 'sunflower.'

il va de soi que, 'it follows naturally that.'

Page 176

comme de juste, 'as would be expected.'

Page 177

un peu partout, 'all over the country.' The French expression is a new one, and though very frequent lacks definiteness.

mais il y a loin de la coupe aux lèvres, 'but there is many a slip between the cup and the lip.' For the origin of this proverb see Payen-Payne's *French Idioms and Proverbs*, p. 84.

Honfleur et Trouville: two seaside towns on the west side of the mouth of the Seine, about 10 miles or 15 kilomètres apart.

cinq cents kilos, 'about ten hundredweight.'

mécanicien: *not* mechanic (which is *artisan*), but 'engine-driver' or 'motorman.'

Page 178

d'une contenance de 60 litres, 'which is able to contain about thirteen gallons.'

15 à 20 chevaux: note that the French unit of horse power has not quite the same value as the English unit. The English horse power equals 746 Watts; the French unit equals 736 Watts.

une marche arrière, 'reversing gear.'

Que non pas! 'Nothing of the sort.'

Page 179

Jardin des Plantes: the centre of natural history studies in Paris was founded in 1635 by Guy de Labrosse, and after many years of mismanagement by the court physicians was remodelled by Buffon, who became director in 1732. The latest directors have been the celebrated chemist and centenarian, Chevreul (1889), Fremy (1894), and Milne-Edwards.

Buffon: Buffon (1707–1788) was born at Montbard. He was a celebrated naturalist, and the most famous writer of natural history that France has produced. His chief work was *L'histoire naturelle des quadrupèdes.* He was so imbued with the dignity of authorship that he never entered his study except in full dress. He was the author of the saying 'Le style, c'est l'homme.'

Bernardin de Saint-Pierre (1737–1814) was by profession an engineer, but really a dreamer who tried to found new states in Turkestan and in the tropics. His chief work is *Paul et Virginie*, which appeared in vol. iv. of his *Études de la Nature.* It is the connecting link between the eighteenth century and Rousseau and the nineteenth century and Chateaubriand. He is the exponent of the return to nature in French literature after the artificiality of the school of Boileau.

le 15 brumaire an ii, 'November 5, 1793.' The French revolutionists instituted a new calendar, amongst all the other novelties. Brumaire, as its name imports, was the foggy month, and began on October 22 or 23.

couagga, 'quagga,' a hoofed animal resembling the ass in form and the zebra in colour.

bubale, 'the bubale' a large antelope of Egypt and the Sahara, not the buffalo.

duc d'Orléans: Philippe, duc d'Orléans, was the head of the younger branch of the House of Bourbon. He joined the revolutionists against his cousin, Louis XVI., and called himself Égalité, but he was guillotined all the same.

vendu aux enchères, 'sold by auction.'

Page 180

la Bièvre: a small tributary of the Seine, which flows through Paris. Its waters were presumed to be so good that the State dye-works, the Gobelins, were established on its banks.

Stathouder, 'Stadtholder' or Prince of the Netherlands.

Chaptal: Jean Antoine Chaptal (1756–1832) was a distinguised French chemist. He first prepared alum and saltpetre, and introduced the use of Turkey red for dyeing. He became a Minister under Napoleon the First.

Page 185

il ne s'agit pas, 'we are not going to discuss the question.'

Point! 'Not a bit of it.'

forage, 'boring,' 'sinking.'

crétacés, permiens et rocheux. *Cretaceous*, a geological system which contains the two groups, chalk and greensand. The strata consist of chalk, gault, chalk, marl, and Kentish rag. *Permian*, the most recent group of the Carboniferous system. Immediately beneath it are the coal measures. Its chief rocks are limestones, marls, slates, with red-sandstones on the coal.

Page 186

une chaîne de Gall: Galle was the inventor of a chain stronger than the endless Vaucanson chain for use in mines.

Page 187

treuil à vapeur, 'steam wheel and axle.'

une équipe de 4 hommes, 'a gang of four men.'

Page 189

une pierre, 'magnetite,' 'lodestone,' an oxide of iron (ferroso-ferric oxide, Fe_3O_4).

Gilbert: Dr. William Gilbert of Colchester (1548–1603) was Physician to Queen Elizabeth. He enriched the science of magnetism with many new and important discoveries. He has been called on this account the 'Galileo of Magnetism.' He has further earned the title of 'founder of Electrostatics' through his important researches on electrical phenomena.

Page 190

lignes de force: now more generally called 'tubes of force.' The consideration and study of tubes of force is of prime importance in electrical engineering.

Page 193

Ewing: James Alfred Ewing, F.R.S., is a great living engineer, at present Director of Naval Education. He has been professor at Tokyo, Dundee, and Cambridge. His work on *Magnetic Induction in Iron* is well known.

Page 196

hystérésis: hysteresis, the lagging of magnetic effects behind their causes. It is a magnetic property of iron discovered by Ewing, which has most important consequences when the material is used in the construction of many kinds of electric machinery.

BRIEF LIST OF

Mathematical and Scientific Books

PUBLISHED BY BLACKIE & SON, LIMITED

Arithmetic

A Complete Short Course of Arithmetic.
By A. E. Layng, M.A. A new highly practical text-book, covering the whole ground of the ordinary school course, and provided, in addition, with separate sections on mental and other short and approximate methods of calculation. With Answers, 1*s.* 6*d.* Without Answers, 1*s.*

Layng's Arithmetic.
By A. E. Layng, M.A., Editor of "Layng's Euclid". Crown 8vo, cloth, with or without Answers, 4*s.* 6*d.* In Parts, with or without Answers, 2*s.* 6*d.* each. Part I: To Decimals and the Unitary Method. Part II: Unitary Method to Scales of Notation.

Layng's Exercises in Arithmetic.
(The Exercises of the above, published separately.) Crown 8vo, cloth, 2*s.* 6*d.*; with Answers, 3*s.* Part I (5000 Exercises), 1*s.*; with Answers, 1*s.* 6*d.* Part II (3500 Exercises), 1*s.* 6*d.*; with Answers, 2*s.*

A Complete Arithmetic.
With Answers, 234 pages, 1*s.* 6*d.* Exercises only, 192 pages, 1*s.* Answers only, limp, 6*d.* net.

Higher Arithmetic and Mensuration.
By Edward Murray, Mathematical Master at the Civil Service Institute, Dublin. Crown 8vo, cloth, with Answers, 3*s.* 6*d.*

Higher Rules.
For Commercial Classes, Civil Service and other Examinations. Crown 8vo, cloth, 6*d.* With Answers, 8*d.*

Mercantile Arithmetic.
For Commercial and other Classes. By E. T. Pickering. F'cap 8vo, cloth, 1*s.* 6*d.*

Short Cuts and By-Ways in Arithmetic.
By Cecil Burch. A labour-saving Arithmetic. With full explanations, many examples, numerous exercises, and a chapter on Magic Squares, &c. Crown 8vo, cloth, 2*s.*

Blackie's Supplementary Arithmetics.
Decimals and the Metric System. 2*d.*; cloth, 3*d.*
Common Weights and Measures. 3*d.*; cloth, 4*d.*
Higher Rules. Cloth, 6*d.* With Answers, cloth, 8*d.*
Answers, separately, 3*d.* net each.

The Teacher's Black-Board Arithmetic. By "Tact". In two Parts, 1*s.* 6*d.* each.

Mental Arithmetic.
Consisting mainly of Problems specially designed to give the power of ready solution. Cl., 6*d.*

Examination Arithmetic.
1200 Arithmetical Problems and Exercises with Answers, selected from Examination Papers, &c. Classified by T. S. Harvey. Cloth, 2*s.* *Key*, 4*s.* 6*d.* net.

Typical Mental Problems. In Six Numbers, each, paper, 2*d.*; cloth, 3*d.*
TEACHER'S EDITION of *Typical Mental Problems.* Numbers I to VI. With Answers, 6*d.* each.

Typical Government Problems. Numbers I to VI, each 40 pp., paper, 2*d.*; cloth, 3*d.*; Answers to Numbers I, II, V, VI, 2*d.* net each. Answers to Numbers III and IV (one vol.), 3*d.* net.

Practical Problems in Arithmetic. Mental and Written. Numbers I to VII, each, paper, 2*d.*; cloth, 3*d.* Answers to Numbers I to VII (one vol.), cloth, 3*d.* net.

Blackie's Arithmetics for Course "B". Crown 8vo, large type, many examples.

Nos. I, II, & III, each, 2*d.*	No. VI, 3*d.*
Nos. IV & V, each, 2½*d.*	No. VII, 3½*d.*

Cloth covers, 1*d.* extra.

ANSWERS to Nos. I and II, one vol., 3*d.* net; to Nos. III–VII, 3*d.* each net.

Arithmetical Tests for Scheme "B". Numbers I to VII. Paper, 1*d.* each. Answers to the Seven Numbers (one vol.), cloth, 3*d.* net.

Blackie's Concentric Arithmetics.

The treatment is concentric: formal rules are avoided: practical exercises: measuring work provided: newer methods of subtraction and multiplication explained: printed in script-figuring.

Book I. For Infants and Standard I. 3*d.*
Book II. For Standards II and III. 3*d.*
Book III. For Standards IV and V. 4*d.*
Book IV. *In preparation.*

Blackie's Model Arithmetics for Scheme "B". Concrete sums. Three-Term. In Script Figuring.

Book I......1½*d.*	Book IV....2½*d.*
Book II....2*d.*	Book V. ...3*d.*
Book III...2*d.*	Book VI....4*d.*

Cloth covers, 1*d.* extra

ANSWERS I–III (one vol.), 3*d.* net
" IV–VI " " 3*d.* net

Blackie's Three Division Arithmetic. A New Series based on Scheme B for use in schools adopting the tripartite classification recommended by the Board of Education. No. I, 2*d.*; No. II, 4*d.*; No. III, 4*d.* Answers (complete), cloth, 6*d.* net.

Blackie's Script-Figure Arithmetics. In Bold *Written* figures, specially designed for the series. Nos. I and II, 1*d.* each. Nos. III and IV, 2*d.* each. Nos. V, 3*d.*, VI, 4*d.* Cloth, 1*d.* extra each. Answers I–II, 3*d.* net; III–IV, 3*d.* net; V–VI, 3*d.* net.

The Century Arithmetics. Copious exercises well graduated and grouped.

No. I. .. 1*d.*	No. IV. .. .. 2*d.*
No. II. .. 1*d.*	No. V. 2*d*
No. III. .. 1½*d.*	No. VI–VII. .. 3*d.*

Cloth, 1*d.* extra.

The SEVEN NUMBERS in one Volume, cloth, 1*s.* 4*d.* ANSWERS separately, cloth, 3*d.* net each; or in one vol., 1*s.* 6*d.* net.

Blackie's New Scottish Arithmetics.

A First Course in Arithmetic (Junior Division). Paper, 4*d.*

A Second Course in Arithmetic (Senior Division). Cloth, 6*d.* With Answers, 8*d.* ANSWERS, separately, 3*d* net.

Merit Certificate Arithmetic. Covering the whole work of the Standards. Cloth, 8*d.* With Answers, cloth, 10*d.* ANSWERS, separately, cloth, 3*d* net.

Blackie's Arithmetical Tables. Price 1*d.*

ARITHMETICAL SHEETS

Typical Government Problem Sheets. Printed on strong manilla paper. Size 30 × 40 inches, and mounted on rollers. Sets for Standards III and IV, price 6*s.* each.

The Vivid Mental Calculator and Table Tester.

Printed in Colours, cloth backed, size 44 × 36 inches. On rollers, 6*s.*

The Vivid Concrete and Abstract Arithmetic Sheets for Number-Laying. 4 large Sheets printed in Colours. With cover, 10*s.* per set. Coloured Tablets, to accompany the sheets, in box, 4*d.* In packets of 400, 1*s.* 6*d.*

Hand-and-Eye Arithmetic. A Teacher's Handbook. Crown 8vo, cloth, 1*s.* 6*d.*

Geometry, Algebra, &c.

A Text-Book of Algebra.
By A. E. Layng, M.A. Embodying Graphic and other solutions and applications to Arithmetic and Geometry. Part I, up to and including easy quadratic Equations. 2*s.* 6*d.*

An Introduction to Algebra.
By R. C. Bridgett, M.A., B.Sc., F.C.S. 1*s.*

A New Geometry for Beginners.
Theoretical and Practical. By Rawdon Roberts, B.Sc. 1*s.* 6*d.*

Elementary Geometry of the Straight Line, Circle, and Plane Rectilineal Figures.
By Cecil Hawkins, M.A. On the lines of the new Cambridge University Syllabus. 3*s.* 6*d.* Also in two Parts, 2*s.* each. *Key*, 5*s.* net.

Exercises in Theoretical and Practical Geometry.
By R. B. Morgan. Cloth, 1*s.*

Constructive Geometry.
Arranged for the First Year's Course in Science. By John G. Kerr, LL.D. 1*s.* 6*d.*

Euclid's Elements of Geometry.
Edited by A. E. Layng, M.A. With Exercises, Appendix, and Examination Papers. BOOKS I to VI, and XI. Crown 8vo, cloth, 3*s.* 6*d.* BOOK I, 1*s.*; II, 6*d.*; III, 1*s.*; IV, 6*d.*; V and VI *together*, 1*s.*; XI, 1*s.* 6*d.* BOOKS I–II, 1*s.* 3*d.*; I–III, 2*s.*; I–IV, 2*s.* 6*d.* *Key* to BOOK I, 2*s.* 6*d.* net; complete, 5*s.* net.

A New Sequel to Euclid.
By Professor W. J. Dilworth, M.A. 2*s.* 6*d.* Part I, 1*s.* Part II, 2*s.*

Easy Mathematical Problems Papers.
By Charles Davison, Sc.D. Containing numerous problems in Algebra to the Binomial Theorem, Euclid, Books I–VI and XI, and Trigonometry to the Solution of Triangles and Geometrical Applications. Crown 8vo, cloth, 2*s.* With Answers and Hints for Solution. 2*s.* 6*d.*

Preliminary Geometry.
By Rawdon Roberts, B.Sc. Cl., 1*s.*

Elementary Plane Geometry.
By V. M. Turnbull. Cloth, 2*s.*

Test-Papers in Mathematics.
By John Dougall, M.A. With Answers, 1*s.*

Blackie's Euclid and Mensuration for Beginners.
F'cap 8vo, cloth, 6*d.*

Euclid, Book I.
Paper, 2*d.*

Elementary Mensuration.
Lines, Surfaces, and Solids. By J. Martin. 10*d.*

Descriptive Geometry.
Including chapters on Plane Geometry and Graphic Arithmetic. By Alex. B. Dobbie, B.Sc. 2*s.*

Mathematical Facts and Formulæ.
By A. E. Lyster, M.A. Crown 8vo, cloth boards, 1*s.*

Elementary Text-Book of Trigonometry.
By R. H. Pinkerton, B.A. (Oxon.) New Edition. F'cap 8vo, cl., 2*s.*

Introductory Mathematics.
By R. B. Morgan, B.Litt., L.C.P. 2*s.* Answers, 6*d.* net.

Elementary Graphs.
By R. B. Morgan. Crown 8vo, cloth, 1*s.* 6*d.* Answers, 4*d.* net.

Graphs for Beginners.
By Walter Jamieson, A.M.I.E.E. 1*s.* 6*d.*

A Handy Book of Logarithms.
With Practical Geometrical Appendix. 2*s.*

Blackie's Algebra for Beginners.
From Notation to Simple Equations and Square Root. With Answers, cloth, 6*d.*

Elementary Algebra.
From Notation to Easy Quadratic Equations. Cloth, 1*s.* 6*d.* With Answers, cloth, 2*s.* Also in three Parts, 3*d.*; cloth, 4*d.* each. Answers, 3*d.* net each; complete, 9*d* net.

Hydrostatics and Pneumatics. By R. H. Pinkerton, B.A., Balliol College, Oxford. Crown 8vo, cloth, 4*s.* 6*d.*

The Arithmetic of Magnetism and Electricity.
By Robert Gunn. F'cap 8vo, cloth, 2*s.* 6*d.*

GENERAL HANDBOOKS IN SCIENCE

Deschanel's Natural Philosophy.
By Prof. A. Privat Deschanel. Edited by Professor J. D. Everett, D.C.L., F.R.S. *Sixteenth Edition.* 18*s.*; in Parts, 4*s.* 6*d.* each.
PART I.—Mechanics, Hydrostatics, &c.
PART II.—Heat.
PART III.—Electricity and Magnetism.
PART IV.—Sound and Light.

Electricity.
(Being an expansion of Part III of *Deschanel* on the lines of modern electrical theory.) Edited by Professor J. D. Everett, D.C.L., F.R.S. 4*s.* 6*d.*

Elementary Building Construction and Drawing for Scottish Students.
By Prof. Charles Gourlay. With 24 plates and full descriptive letterpress. 6*s.* net.

Plates of Elementary Building Construction for Scottish Students.
Being the 24 plates of the above with introduction, done up in portfolio. 3*s.* 6*d.* net.

Electrical Engineering Measuring Instruments.
By G. D. Aspinall Parr, M.Inst.E.E., A.M.I.Mech.E. With 370 Illustrations. 323 pages. Demy 8vo, cloth, 9*s.* net.

Elementary Ophthalmic Optics. By Freeland Fergus, M.D., F.R.S.E. Illustrated. F'cap 8vo, cloth, 3*s.* 6*d.* net.

Kerner's Natural History of Plants.
Their forms, growth, reproduction, and distribution. From the German of the late Anton Kerner von Marilaun, by F. W. Oliver, M.A., D.Sc., with the assistance of Lady Busk, B.Sc., and Mrs. M. F. Macdonald, B.Sc. With about 2000 original woodcut illustrations. In two volumes, 30*s.* net.

Official Report of the Nature-Study Exhibition and Conferences, 1902. 2*s.* 6*d.* net.

Nature Studies. (Plant Life.) By G. F. Scott Elliot, M.A., B.Sc., F.R.G.S. A very clear, full, and up-to-date exposition of Plant Life in its myriad forms. Crown 8vo, cloth, 3*s.* 6*d.*

The Coal-fields of Scotland. By Robert Dron, A.M.I.C.E., M.I.M.E. A full and detailed description of all the mining areas in Scotland, illustrated with a series of maps of the various coal-fields. Demy 8vo, cloth, 15*s.* net.

Fuel and Refractory Materials. By Professor A. Humboldt Sexton, F.I.C., F.C.S. Crown 8vo, 5*s.*

Elementary Text-Book of Physics.
By Professor Everett, D.C.L., F.R.S. *Ninth Edition.* F'cap 8vo, cloth, 3*s.* 6*d.*

An Introduction to Analytical Chemistry.
By Prof. G. G. Henderson, D.Sc., M.A., and M. A. Parker, B.Sc. 5*s.*

A Text-Book of Organic Chemistry.
By A. Bernthsen, Ph.D. Translated by G. M'Gowan, Ph.D. *New Edition.* Cloth, 7*s.* 6*d.*

Progressive Lessons in Science. Practical Experiments with Food-stuffs, Soils, and Manures. By A. Abbott, M.A., and Arthur Key, M.A. With Introduction by T. G. Rooper, H.M.I.S. Crown 8vo, cloth, 3*s.* 6*d.*

An Elementary Text-Book of Anatomy.
By Henry Edward Clark. Illustrated. Crown 8vo, cloth, 5*s.*

Food and its Functions. A Text-Book for Students of Cookery. By James Knight, D.Sc., M.A. Illustrated. Crown 8vo, cloth, 2*s.* 6*d.*

Perspective, Sciography

Elementary Perspective.
By Lewes R. Crosskey. Super-royal 8vo, cloth, 3*s*. 6*d*.

Advanced Perspective.
By Lewes R. Crosskey and James Thaw. Imperial 8vo, cloth, 4*s*. 6*d*.

A Text-Book of Sciography.
Arranged to suit the requirements of those preparing for the examinations of the Board of Education, South Kensington. By J. H. A. M'Intyre. 3*s*. 6*d*.

Drawing, Painting, Writing, &c.

Vere Foster's Drawing Copy-Books.
In 72 numbers, price 2*d*. each. *Complete Edition*, in Eighteen Parts at 9*d*. (Each part complete.)

Vere Foster's Complete Course of Drawing.
In Eighteen Parts, price 9*d*. each.

Vere Foster's Water-Colour Drawing-Books.
With coloured facsimiles of original water-colour drawings, hints and directions. *List on application.*

Poynter's South Kensington Drawing-Books.
Issued under the direct superintendence of Sir E. J. Poynter, P.R.A.

A Selection from Turner's Liber Studiorum.
In Four Parts, 12*s*. 6*d*. each; complete, £2, 12*s*. 6*d*.

A Complete Course of Free-Arm and Industrial Drawing.
A Carefully Co-ordinated Course of Drawing. By J. W. Topham Vinall, A.R.C.A.(Lond.). A Series of Charts in coloured crayon on dark ground, for Black-Board and Free-Arm Work, with full directive and descriptive text. Fifty-eight Charts, containing some 800 subjects. Sheets measuring 12¾″ × 8¾″. In portfolio, price 12*s*. 6*d*. net.

Brush-Drawing.
By J. W. Nicol. Containing 66 Plates, carefully graduated Models, Suggestions for working the Examples, and Notes on Brush-Drawing and Design. 7*s*. 6*d*. net.

Blackie's Brush-Drawing Sheets.
By J. W. Nicol. 3 Sets of 15 Sheets each. 12*s*. 6*d*. per set.

Blackie's Brush-Drawing Cards.
By J. W. Nicol. 3 Sets of 20 Cards each. 1*s*. 6*d*. per set.

Graded Drawing for Infants and Junior Classes.
By Anne E. Roberts. With Drawing Subjects and Hints for Procedure. Printed in black and colour. F'cap 4to, cloth, 2*s*. 6*d*.

Classic Ornament.
Forty-eight [illegible] ductions of [illegible] Casts. In Four Books. Crown 4to. Price 1*s*. 6*d*. each.

Vere Foster's Writing Copy Books.
Original Series, in 22 Nos., 2*d*. each
Palmerston Series, in 11 Nos., on fine paper ruled in blue and red, 3*d* each.
Bold Writing, or Civil Service Series, in 27 Nos., price 2*d*. each.
Upright Series, in 12 Nos., 2*d*. each.
Medium Series, in 12 Nos., and Nine Supplementary Books 2*d* each.
Reversible Series, being the *Medium Series* with the *writing* page always on the right-hand side. 2*d*. each.

Blackie's Civil Service and Commercial Copy-Book.
By J. Logan. Copies, Skeleton Lines, Commercial Forms, Tabular Statements, and Lettering. 6*d*.

LONDON
BLACKIE & SON, Limited, 50 OLD BAILEY, E.C.
GLASGOW AND DUBLIN